

## **Cultivo do Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia Elétrica**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Documentos 152**

## **Cultivo do Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia Elétrica**

### **Editores Técnicos**

André May  
Dagma Dionísia da Silva  
Flávia Cristina dos Santos

Embrapa Milho e Sorgo  
Sete Lagoas, MG  
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

Home page: [www.cnpms.embrapa.br](http://www.cnpms.embrapa.br)

E-mail: [cnpms.sac@embrapa.br](mailto:cnpms.sac@embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Dagma Dionísia da Silva, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Monica Matoso Campanha, Maria Marta Pastina, Rosângela Lacerda de Castro e Antonio Claudio da Silva Barros

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: André May

**1ª edição**

1ª impressão (2013): on line

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Embrapa Milho e Sorgo**

---

Cultivo do sorgo biomassa para cogeração de energia elétrica / editores técnicos André May, Dagma Dionísia da Silva, Flavia Cristina dos Santos. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

65 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 152).

1. Sorgo. 2. Recurso energético. 3. Bioenergia. I. May, André. II. Silva, Dagma Dionísia da. III. Santos, Flávia Cristina dos. IV. Série.

---

CDD 633.174 (21. ed.)

© Embrapa 2013

# **Autores**

## **Álvaro Vilela de Resende**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador em Fertilidade do Solo da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, [alvaro.resende@embrapa.br](mailto:alvaro.resende@embrapa.br)

## **André May**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Produção Vegetal, Pesquisador em Sistemas de Produção de Sorgo Energia da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, [andre.may@embrapa.br](mailto:andre.may@embrapa.br)

## **Dagma Dionísia da Silva**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, Pesquisadora em Fitopatologia da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, [dagma.silva@embrapa.br](mailto:dagma.silva@embrapa.br)

## **Flávia Cristina dos Santos**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora em Fertilidade do Solo da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, [flavia.santos@embrapa.br](mailto:flavia.santos@embrapa.br)

**Luciano Viana Cota**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia,  
Pesquisador em Fitopatologia, Sete Lagoas, MG  
luciano.cota@embrapa.br

**Patrícia Abrão de Oliveira**

Farmacêutica-Bioquímica, Doutora em Química  
Orgânica, Pesquisadora em Caracterização de Bio-  
massa, Brasília, DF  
patricia.oliveira@embrapa.br

**Simone Martins Mendes**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Entomologia,  
Pesquisadora em Entomologia da Embrapa Milho e  
Sorgo, Sete Lagoas, MG,  
simone.mendes@embrapa.br

**Rafael Augusto da Costa Parrella**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Melhoramento de  
Plantas, Pesquisador em Melhoramento de Sorgo,  
Sete Lagoas, MG  
rafael.parrella@embrapa.br

**Rodrigo Vêras da Costa**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia,  
Pesquisador em Fitopatologia, Sete Lagoas, MG  
rodrigo.veras@embrapa.br

**Rubens Augusto de Miranda**

Economista, Doutor em Finanças, Pesquisador em  
Economia Agrícola, Sete Lagoas, MG  
rubens.miranda@embrapa.br

## **Apresentação**

O Brasil passa atualmente por grande demanda energética, por causa do deslocamento de indústrias de grande porte para Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, e estados do Nordeste, e ainda mantém a demanda do Estado de São Paulo como mais importante pólo industrial do País. Apesar de a matriz energética brasileira estar concentrada na geração de energia por hidrelétricas, muitas usinas termoeletricas estão sendo instaladas em todo o País, para atender essas demandas energéticas crescentes. Consequentemente, nova demanda por biomassa vegetal vem surgindo no Brasil, junto com o interesse de grandes usinas sucroalcooleiras para a cogeração de energia elétrica em caldeiras de alta pressão pela queima direta de biomassa. Contudo, o crescimento na produção de biomassa para atender essa crescente demanda é lenta, já que a base fundamental deste negócio estava alicerçada no cultivo e na produção de biomassa vinda de eucaliptais, que, por característica genética, têm crescimento lento e instalação onerosa. Como alternativa, muitos grupos geradores de energia elétrica (termoeletricas associadas a indústrias internacionais e usinas de grande porte) iniciaram o cultivo e a produção de biomassa proveniente de capins (braquiária, colonião e napier), mas com taxa de retorno do investi-

mento insatisfatória, pois a produtividade dos campos de cultivo tem sido baixa (máximo de  $35 \text{ t ha}^{-1}$  de massa fresca) e com baixo poder calorífico. Nesse contexto, o cultivo do sorgo biomassa surge como tecnologia potencialmente muito mais promissora que os capins e o eucalipto, pois a espécie pode atingir produtividade de  $150 \text{ t ha}^{-1}$  de massa fresca, em ciclo de apenas cinco meses, com cultivo totalmente mecanizável. Adicionalmente, o sorgo biomassa pode ser propagado por sementes, gerando um custo operacional menor, fato esse que não ocorre com as outras alternativas.

É importante ressaltar que o negócio de agroenergia no Brasil é tipicamente relacionado à parceria público-privada, e a Embrapa define, dentro de sua missão, sua contribuição em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação e Transferência Tecnológica para os mercados competitivos, como é o caso do setor bioenergético brasileiro. Neste contexto, essa publicação tem o objetivo de auxiliar os produtores na produção da cultura do sorgo biomassa em sistemas intensivos, gerando energia elétrica com a qualidade e a frequência demandada por indústrias de grande porte, vinculadas à rede de energia elétrica nacional ou geradoras de sua própria demanda energética, via termoeletricas associadas.

***Antonio Alvaro Corsetti Purcino***

Chefe-Geral

Embrapa Milho e Sorgo

# Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introdução .....</b>                      | <b>9</b>  |
| <b>Cultivares .....</b>                      | <b>11</b> |
| <b>Implantação e Colheita Mecânica .....</b> | <b>20</b> |
| <b>Adubação da Cultura .....</b>             | <b>23</b> |
| <b>Manejo Integrado de Pragas .....</b>      | <b>30</b> |
| <b>Manejo Integrado Doenças .....</b>        | <b>35</b> |
| <b>Manejo de Plantas Daninhas .....</b>      | <b>48</b> |
| <b>Qualidade da Matéria-Prima .....</b>      | <b>54</b> |
| <b>Custo de Produção .....</b>               | <b>57</b> |
| <b>Referências .....</b>                     | <b>63</b> |
| <b>Literatura recomendada .....</b>          | <b>66</b> |



# **Cultivo do Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia Elétrica**

---

*Álvaro Vilela de Resende*

*André May*

*Dagma Dionísia da Silva*

*Flávia Cristina dos Santos*

*Luciano Viana Cota*

*Patrícia Abrão de Oliveira*

*Simone Martins Mendes*

*Rafael Augusto da Costa Parrella*

*Rodrigo Vêras da Costa*

*Rubens Augusto de Miranda*

## **Introdução**

### **André May**

---

Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, Caixa Postal 285,  
CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG, [andre.may@embrapa.br](mailto:andre.may@embrapa.br)

Atualmente, o Brasil enfrenta grande demanda por energia elétrica por causa do crescimento do País, com a instalação de muitas novas indústrias, que precisam de grande quantidade de energia elétrica para atendimento de suas necessidades produtivas. Isso vem ocorrendo de forma generalizada em todo o Brasil, mas de forma mais intensiva em São Paulo, em Minas Gerais, no Mato Grosso do Sul, no Mato Grosso e em Goiás.

Muitas indústrias começam a fomentar a criação de negócios terceirizados para a produção de energia elétrica em caldeiras de alta pressão. Com isso, visam atender a demanda emergencial de energia elétrica, às vezes, em alguns municípios que não têm abastecimento suficiente da rede nacional de energia brasileira. Outro objetivo é assegurar fornecimento em momentos eventuais de falta

de energia, a uma taxa de segurança de 15% da demanda energética da indústria, fornecida por termoeletricas acopladas à rede alimentadora de energia, de forma a não interromper seus processos produtivos. Atendendo a esse mesmo cenário, muitas usinas sucroalcooleiras dos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás têm melhorado a capacidade de geração de energia elétrica, muitas vezes alimentando o sistema nacional de energia elétrica, através de venda contratada pela operadora nacional, ou por um terceiro, por meio da utilização do sistema nacional de distribuição de energia. Em muitas usinas sucroalcooleiras, o negócio de cogeração de energia elétrica é, por vezes, um importante componente na geração de receita, já que apresenta fluidez de mercado e preços de venda do quilowatt-hora – kWh interessantes, embora muito variáveis, complementando a receita delas, amortizando os custos industriais correntes elevadíssimos nesses ambientes produtivos.

Dessa forma, a demanda por biomassa para a queima direta em caldeiras tem sido crescente. Historicamente, as usinas termoeletricas trabalham com gás natural ou carvão, mas muitas delas começam a se interessar por queima de biomassa, redesenhadas para tal oportunidade, alimentando-se de resíduos de qualquer origem vegetal ou de biomassa produzida em ambientes intensivos, perfeitamente dimensionados para atendimento de demandas específicas de energia.

Uma das alternativas mais promissoras para o fornecimento de matéria-prima para queima direta é o sorgo biomassa, pois tem ciclo curto (cerca de 150 a 180 dias), é propagado por sementes e permite total mecanização de seus processos de produção, corte, carregamento e transporte para a unidade termoeletrica. Contudo, faltam ainda informações detalhadas sobre o manejo cultural mais adequado para altas produtividades de biomassa, havendo uma lacuna de

conhecimento acerca de épocas de semeio para diferentes regiões de cultivo da espécie, arranjo de plantas, fertilização da cultura, manejo fitossanitário da lavoura, sistemas de colheita e processamento da massa produzida, rentabilidade econômica e qualidade da matéria-prima do ponto de vista industrial.

Assim, este documento visa reunir as informações geradas nos últimos anos sobre o sistema de produção de sorgo biomassa, permitindo ao investidor do setor bioenergético tomar decisões para dimensionamento e otimização de seu negócio.

## **Cultivares**

### **Rafael Augusto da Costa Parrella**

---

Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, Caixa Postal 285, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG, rafael.parrella@embrapa.br

O sorgo é uma das plantas que melhor satisfazem à demanda de produção de biocombustíveis. Especialmente o sorgo biomassa possui um processo fotossintético muito eficaz, semelhante ou mesmo superior ao da cana-de-açúcar e do capim-elefante. A capacidade de adaptação a climas tropicais e temperados, sua elevada eficiência na utilização da água, sua tolerância à estiagem e sua capacidade potencial de produzir grandes quantidades de biomassa lignocelulósica são alguns dos numerosos pontos fortes dessa planta. Este tipo de sorgo é sensível ao fotoperíodo, considerado uma planta de dia curto, que floresce apenas quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos, período entre 21 de março e 22 de setembro, na maior parte do Brasil. No entanto, quando o sorgo biomassa é semeado nos meses de outubro a dezembro, quando o fotoperíodo é maior que 12 horas e 20 minutos, o desenvolvimento da gema floral apenas iniciará a partir de 21 de março do ano se-

guinte, ampliando o ciclo vegetativo e o porte e, concomitantemente, possibilitando maior produção de biomassa por hectare/ciclo em comparação a cultivares insensíveis ao fotoperíodo, que florescem em qualquer época do ano e com ciclo curto. O programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo vem desenvolvendo híbridos de sorgo biomassa sensíveis ao fotoperíodo com alto potencial em produzir biomassa visando o fornecimento de matéria-prima para cogeração de energia ou produção de etanol de segunda geração.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios do número de dias para florescimento obtidos a partir da avaliação de 25 de cultivares de sorgo em quatro locais (Capivari-SP, Nova Porteirinha-MG, Piracicaba-SP e Sete Lagoas-MG), na safra agrícola de 2011/2012. Foram avaliados 20 híbridos de sorgo biomassa (CMSXS7000 a CMSXS7019), três variedades de sorgo biomassa (CMSXS7020, CMSXS651 e CMSXS652) e dois híbridos de sorgo forrageiro insensíveis ao fotoperíodo (BRS 655 e Volumax), utilizados como testemunhas. O número médio de dias para florescimento por local variou de 100 dias em Capivari, 112 dias em Piracicaba, 136 dias em Nova Porteirinha até 148 dias em Sete Lagoas. O menor ciclo médio verificado em Capivari e Piracicaba se deve à semeadura tardia, ocorrida no início do mês de janeiro de 2012, pois as cultivares sensíveis ao fotoperíodo são induzidas ao florescimento em torno de 21 de março, quando o dia possui menos de 12 horas e 20 minutos. O plantio de Sete Lagoas ocorreu no início do mês de novembro e em Nova Porteirinha, na segunda quinzena deste mês, justificando o maior ciclo médio nestes locais. Os híbridos BRS 655 e Volumax, apresentaram o menor número de dias para florescimento em todos os locais avaliados, confirmando a insensibilidade ao fotoperíodo destes materiais, que apresentam florescimento entre 84 a 114 dias e 75 a 81 dias, respectivamente. Pode-se verificar que estes híbridos insensíveis florescem nos dias longos (fevereiro),

conforme apresentado nos plantios de novembro em Nova Porteira e Sete Lagoas, o que limita o seu potencial produtivo, pois com o florescimento encerra-se o crescimento vegetativo e consequentemente a produção de biomassa. Vale salientar que os híbridos insensíveis, quando plantados nos dias curtos (março a setembro), são influenciados a florescer precocemente, reduzindo ainda mais o seu ciclo e porte.

As variedades de sorgo biomassa CMSXS652, CMSXS651 e CMSXS7020 confirmaram sua sensibilidade ao fotoperíodo, pois o florescimento só ocorreu no mês de abril em todos os locais avaliados, ou seja, no dia curto. Mesmo no plantio de janeiro mais tardio em Capivari, as variedades apresentaram 106, 108 e 107 dias para florescer, respectivamente (Tabela 1). Grande parte dos híbridos de sorgo biomassa apresentaram um comportamento semelhante ao das variedades, confirmando a sensibilidade ao fotoperíodo destes materiais, com exceção dos híbridos CMSXS7003 e CMSXS7009, que floresceram com 92 e 91 dias após o plantio. O híbrido de sorgo biomassa CMSXS7016 apresentou maior número médio de dias para florescer em três dos quatro locais de avaliação, ficando sempre no grupo de maior média.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios de altura de plantas obtidos a partir da avaliação das 25 de cultivares de sorgo descritas em quatro locais. A altura média das cultivares por local variou de 3,41 m em Capivari; 3,52 m em Piracicaba; 3,95 m em Sete Lagoas até 4,82 m em Nova Porteira. Esses resultados mostram que nos locais onde as cultivares apresentaram maior ciclo também apresentaram maior porte. Os híbridos BRS 655 e Volumax, insensíveis ao fotoperíodo, apresentaram o menor porte em todos os locais avaliados, variando entre 2,15 m e 2,87 m, e 1,57 m e 3,02 m, respectivamente. De modo geral, os híbridos e

as variedades de sorgo biomassa, sensíveis ao fotoperíodo, apresentaram maior porte em detrimento das cultivares insensíveis, destacando-se a performace da variedade CMSXS7020 e dos híbridos CMSXS7002, CMSXS7004, CMSXS7011, CMSXS7015 e CMSXS7016, que sempre foram ranqueadas no grupo de maior média em cada local.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios da produção de massa verde (PMV), em  $t \cdot ha^{-1}$ , obtidos a partir da avaliação das 25 de cultivares de sorgo em quatro locais. A PMV média das cultivares por local variou de  $88,78 t \cdot ha^{-1}$  em Capivari;  $45,82 t \cdot ha^{-1}$  em Piracicaba;  $80,59 t \cdot ha^{-1}$  em Sete Lagoas até  $102,22 t \cdot ha^{-1}$  em Nova Porteirinha. A baixa produtividade verificada em Piracicaba se deve principalmente à época de plantio tardia, que reduziu o ciclo, o porte e a produtividade das cultivares. Os híbridos BRS 655 e Volumax, insensíveis ao fotoperíodo, bem como as variedades de sorgo biomassa CMSXS652, CMSXS651 e CMSXS7020, sensíveis ao fotoperíodo, apresentaram as menores produtividades de biomassa nos locais avaliados, e em geral foram classificados nos grupos de menores médias. Os híbridos de sorgo biomassa, sensíveis ao fotoperíodo, apresentaram maior média de produtividade de massa verde, destacando-se o híbrido CMSXS7015, com produtividade variando de  $59,20 t \cdot ha^{-1}$  em Piraciba a  $142,91 t \cdot ha^{-1}$  em Nova Porteirinha. Vale das destaque aos híbridos CMSXS7000, CMSXS7004, CMSXS7006, CMSXS7007, CMSXS7014, CMSXS7016 e CMSXS7018, que estiveram no grupo de maiores médias em pelo menos 3 locais avaliados. Foi verificado que não houve diferença significativa no porte das variedades e no porte dos híbridos. Contudo, os híbridos apresentaram-se com maior número de perfilhos, diâmetro de colmos, comprimento e largura de folhas, o que justifica a superioridades na PMV dos híbridos avaliados em relação às variedades.

**Tabela 1.** Valores médios para florescimento, em dias, obtidos a partir da avaliação de híbridos e variedades de sorgo, avaliados em quatro locais, na safra de agrícola 2011/2012.

| Genótipos | Capivari-SP |   | Nova Porteirinha-MG |   | Piracicaba-SP |   | Sete Lagoas-MG |   |
|-----------|-------------|---|---------------------|---|---------------|---|----------------|---|
|           | Flor        |   | Flor                |   | Flor          |   | Flor           |   |
| CMSXS7016 | 111         | a | 155                 | A | 127           | a | 169            | a |
| CMSXS652  | 106         | a | 160                 | A | 127           | a | 167            | a |
| CMSXS7013 | 110         | a | 153                 | A | 117           | b | 165            | a |
| CMSXS7015 | 120         | a | 158                 | A | 122           | a | 164            | a |
| CMSXS651  | 108         | a | 152                 | A | 122           | a | 163            | a |
| CMSXS7014 | 109         | a | 154                 | A | 125           | a | 162            | a |
| CMSXS7020 | 107         | a | 151                 | b | 116           | b | 161            | a |
| CMSXS7002 | 98          | b | 150                 | b | 119           | b | 160            | a |
| CMSXS7018 | 102         | a | 152                 | a | 118           | b | 159            | a |
| CMSXS7007 | 103         | a | 148                 | b | 121           | a | 154            | b |
| CMSXS7005 | 109         | a | 144                 | b | 114           | b | 153            | b |
| CMSXS7012 | 99          | b | 135                 | d | 111           | c | 153            | b |
| CMSXS7004 | 96          | b | 140                 | c | 111           | c | 152            | b |
| CMSXS7006 | 96          | b | 140                 | c | 109           | c | 148            | b |
| CMSXS7011 | 94          | b | 125                 | e | 108           | c | 148            | b |
| CMSXS7000 | 102         | a | 136                 | d | 105           | c | 147            | b |
| CMSXS7017 | 96          | b | 132                 | d | 105           | c | 147            | b |
| CMSXS7001 | 104         | a | 132                 | d | 104           | c | 146            | b |
| CMSXS7010 | 90          | b | 125                 | e | 102           | d | 144            | b |
| CMSXS7003 | 92          | b | 126                 | e | 108           | c | 142            | b |
| CMSXS7019 | 95          | b | 116                 | f | 100           | d | 141            | b |
| CMSXS7009 | 91          | b | 124                 | e | 109           | c | 140            | b |
| CMSXS7008 | 94          | b | 125                 | e | 111           | c | 123            | c |
| BRS 655   | 83          | b | 84                  | g | 98            | d | 114            | c |
| Volumax   | 92          | b | 75                  | h | 86            | e | 81             | d |
| Médias    | 100         |   | 136                 |   | 112           |   | 148            |   |

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

**Tabela 2.** Valores médios para altura de plantas (AP), em m, obtidos a partir da avaliação de híbridos e variedades de sorgo, avaliados em quatro locais, na safra de agrícola 2011/2012.

| Genótipos | Capivari-SP |   | Nova Porteirinha-MG |   | Piracicaba-SP |   | Sete Lagoas-MG |   |
|-----------|-------------|---|---------------------|---|---------------|---|----------------|---|
|           | Altura      |   | Altura              |   | Altura        |   | Altura         |   |
| CMSXS7020 | 3.96        | a | 5.57                | a | 3.75          | a | 4.60           | a |
| CMSXS7002 | 3.69        | a | 5.40                | a | 4.02          | a | 4.52           | a |
| CMSXS7005 | 3.45        | a | 5.37                | a | 3.91          | a | 3.98           | b |
| CMSXS7016 | 3.41        | a | 5.37                | a | 3.75          | a | 4.33           | a |
| CMSXS7018 | 3.21        | a | 5.37                | a | 3.57          | b | 4.93           | a |
| CMSXS7011 | 3.43        | a | 5.33                | a | 3.75          | a | 4.23           | a |
| CMSXS7006 | 3.74        | a | 5.30                | a | 3.51          | b | 4.67           | a |
| CMSXS7007 | 3.37        | a | 5.30                | a | 3.88          | a | 4.00           | b |
| CMSXS7003 | 3.46        | a | 5.27                | a | 3.45          | b | 4.03           | b |
| CMSXS7013 | 3.62        | a | 5.20                | a | 3.83          | a | 3.67           | b |
| CMSXS7001 | 3.37        | a | 5.17                | a | 3.87          | a | 3.98           | b |
| CMSXS7012 | 3.19        | a | 5.17                | a | 3.60          | b | 3.97           | b |
| CMSXS7015 | 3.59        | a | 5.13                | a | 3.75          | a | 4.38           | a |
| CMSXS7014 | 2.89        | b | 5.10                | a | 3.52          | b | 3.47           | b |
| CMSXS7004 | 3.91        | a | 5.03                | a | 3.87          | a | 4.63           | a |
| CMSXS651  | 3.74        | a | 4.80                | b | 3.78          | a | 4.32           | a |
| CMSXS7000 | 3.36        | a | 4.67                | b | 3.91          | a | 4.20           | a |
| CMSXS7009 | 3.62        | a | 4.67                | b | 3.44          | b | 3.67           | b |
| CMSXS7019 | 3.54        | a | 4.67                | b | 3.42          | b | 3.73           | b |
| CMSXS7008 | 3.65        | a | 4.60                | b | 3.79          | a | 3.93           | b |
| CMSXS7010 | 3.55        | a | 4.47                | b | 3.33          | b | 3.90           | b |
| CMSXS652  | 2.58        | b | 4.27                | b | 3.17          | b | 3.77           | b |
| CMSXS7017 | 3.51        | a | 4.17                | b | 3.38          | b | 3.80           | b |
| BRS 655   | 2.39        | b | 2.87                | c | 2.30          | c | 2.15           | c |
| Volumax   | 3.02        | b | 2.28                | c | 1.57          | d | 1.87           | c |
| Média     | 3.41        |   | 4.82                |   | 3.52          |   | 3.95           |   |

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.



A porcentagem de matéria seca (MS) na biomassa de sorgo varia com o genótipo e a época de colheita. No caso do sorgo biomassa, por causa do maior ciclo e da colheita em períodos mais secos (abril, maio e junho), as porcentagens de matéria seca são mais elevadas, variando de 35 a 55%. Colheitas logo após o florescimento apresentam menores porcentagens de MS e colheitas após a maturação fisiológica no estágio de grão farináceo apresentam maiores porcentagens de MS.

O teor de fibra do sorgo biomassa, obtido pelo peso do bolo úmido (PBU) resultante da prensagem, a 250 kgf/cm<sup>2</sup>, de 500 g de biomassa de sorgo desfibrado e homogeneizado, está variando entre 22 e 30%, e os maiores teores são obtidos na colheita após a maturação fisiológica do grão.

Os principais carboidratos estruturais em forragens são: celulose, hemicelulose e lignina. Resultados obtidos na avaliação de cultivares de sorgo biomassa têm demonstrado variação na porcentagem de lignina de 5 a 10%, porcentagem de hemicelulose de 15 a 25% e porcentagem de celulose de 35 a 45% (Tabela 4). Matérias-primas com altas porcentagens de lignina necessitam de maiores concentrações das enzimas para o processamento da biomassa, tornando este economicamente inviável. Contudo, as baixas porcentagens de lignina verificadas no sorgo a qualificam como matéria-prima promissora.

Por outro lado, considerando o potencial da biomassa para cogeração de energia através da queima da biomassa, maiores valores de lignina são desejáveis. Em resultados obtidos do poder calorífico superior e inferior da biomassa deste sorgo, em base seca, tem-se verificado em torno de 4.300 Kcal/kg de MS e 3.800 Kcal/kg de MS, respectivamente, em análise realizada na biomassa do híbri-

do CMSXS7016 utilizando-se uma bomba calorimétrica, segundo a norma ABNT NBR 8633/84. Isto mostra grande potencial desta matéria-prima para geração de energia. Nesse caso, existe a necessidade de se realizarem mais estudos fitotécnicos e métodos de colheita para redução da umidade na biomassa visando maximizar o poder calorífico e a geração de energia.

Considerando os altos níveis de produtividade, a qualidade da biomassa, bem como aspectos fitotécnicos da cultura como ciclo curto (6 meses), plantio, manejo e colheita mecanizados, o sorgo biomassa vem se apresentando como uma cultura promissora no fornecimento de matéria-prima para produção de energia. Por se tratar de uma cultura nova para esta finalidade, trabalhos fitotécnicos devem ser focados visando estabelecer o sistema de produção do sorgo biomassa.

**Tabela 3.** Valores médios para produção de massa verde (PMV), em t.ha<sup>-1</sup>, obtidos a partir da avaliação de híbridos e variedades de sorgo sensíveis ao fotoperíodo, avaliados em quatro locais, na safra de agrícola 2011/2012.

| Genótipos | Capivari-SP        |   | Nova Porteirinha-MG |   | Piracicaba-SP      |   | Sete Lagoas-MG     |   |
|-----------|--------------------|---|---------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|
|           | t.ha <sup>-1</sup> |   | t.ha <sup>-1</sup>  |   | t.ha <sup>-1</sup> |   | t.ha <sup>-1</sup> |   |
| CMSXS7015 | 111.740            | a | 142.905             | a | 59.921             | a | 103.445            | a |
| CMSXS7014 | 101.328            | a | 140.454             | a | 51.111             | a | 83.194             | b |
| CMSXS7018 | 89.424             | b | 130.014             | a | 46.786             | a | 111.618            | a |
| CMSXS7007 | 97.614             | a | 127.425             | a | 46.230             | a | 70.058             | b |
| CMSXS7002 | 87.615             | b | 122.450             | b | 55.556             | a | 104.892            | a |
| CMSXS7013 | 112.852            | a | 118.486             | b | 44.365             | a | 58.756             | c |
| CMSXS7006 | 96.757             | a | 111.424             | b | 48.095             | a | 98.897             | a |
| CMSXS7004 | 93.075             | a | 109.243             | b | 45.079             | a | 89.502             | a |
| CMSXS7009 | 73.901             | c | 106.027             | c | 49.960             | a | 73.802             | b |
| CMSXS7008 | 85.393             | b | 105.054             | c | 52.698             | a | 59.981             | c |
| CMSXS7000 | 98.598             | a | 103.797             | c | 49.325             | a | 103.769            | a |
| CMSXS7005 | 92.821             | a | 102.418             | c | 48.730             | a | 64.671             | c |
| CMSXS7012 | 98.757             | a | 101.494             | c | 39.564             | b | 85.821             | b |
| CMSXS7016 | 105.646            | a | 98.802              | c | 59.127             | a | 106.969            | a |
| CMSXS7019 | 64.822             | c | 98.445              | c | 38.889             | b | 75.742             | b |
| CMSXS7011 | 95.360             | a | 98.130              | c | 49.325             | a | 78.654             | b |
| CMSXS7001 | 82.980             | b | 97.319              | c | 47.302             | a | 79.852             | b |
| CMSXS7003 | 88.578             | b | 94.594              | c | 60.754             | a | 80.476             | b |
| CMSXS7010 | 69.520             | c | 85.578              | d | 43.651             | a | 77.727             | b |
| CMSXS7017 | 75.610             | c | 84.779              | d | 37.222             | b | 83.186             | b |
| CMSXS7020 | 83.710             | b | 84.193              | d | 50.794             | a | 77.847             | b |
| BRS 655   | 57.330             | c | 81.552              | d | 19.682             | c | 49.196             | c |
| CMSXS652  | 84.282             | b | 74.524              | d | 33.611             | b | 70.968             | b |
| Volumax   | 84.662             | b | 74.272              | d | 20.951             | c | 48.640             | c |
| CMSXS651  | 87.043             | b | 62.144              | d | 46.746             | a | 76.994             | b |
| Média     | 88.78              |   | 102.22              |   | 45.82              |   | 80.59              |   |

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%

## Implantação e Colheita Mecânica

### **Evandro Chartuni Mantovani e André May**

---

Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, Caixa Postal 285, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG, evandro.mantovani@embrapa.br

O sorgo biomassa permite uma operação de implantação completamente mecanizável, uma vez que a sua propagação é realizada por sementes. Além disso, o desenvolvimento vigoroso e rápido das plantas em ambientes tropicais, principalmente em regiões com elevadas temperaturas diurnas e noturnas, proporciona maior facilidade no manejo inicial da cultura. Entretanto, em relação ao cultivo dessa espécie de sorgo, a literatura é escassa no que se refere ao manejo da lavoura, em especial ao espaçamento, à densidade de semeadura e à profundidade de plantio, tanto em sistema de semeadura convencional quanto em semeadura direta.

O sorgo pode ser plantado por dois processos básicos: convencional e direto na palha. No processo convencional, o solo é arado, gradeado, destorroado e nivelado, enquanto no processo de semeadura direta o revolvimento do solo é localizado apenas na região de deposição de fertilizante e semente. A semente de sorgo, por ser pequena e com pouca reserva, apresenta dificuldades no processo de germinação. Diante desse problema é importante que a semente seja depositada em uma profundidade adequada e uniforme e que tenha uma boa aderência ao solo. De um modo geral, recomenda-se que a semente de sorgo seja colocada entre 3 e 4 cm de profundidade e que o fertilizante seja depositado de 8 a 10 cm de profundidade.

A escolha do melhor arranjo de plantas é de fundamental importância para que a cultura possa expressar todo o seu potencial produtivo. Desta forma, deve-se escolher a densidade e o espaçamento de entrelinhas que melhor se adequem à realidade do produtor. O uso de altas populações pode resultar no aumento da competição intra-específica por água, luz e nutrientes, reduzindo o potencial produtivo da cultura, além de poder ocasionar o acamamento de plantas, afetando a eficiência da colheita.

Para os materiais de sorgo biomassa da Embrapa, após pesquisas preliminares, tem-se optado por populações de 120.000 a 140.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , em condições favoráveis, já que o perfilhamento das plantas é elevado. Quando há excesso de plantas por metro linear, pode haver um descontrole da população final ideal, resultando em uma taxa de competição excessiva entre as plantas na linha de cultivo, culminando em plantas com diâmetro de colmos finos, elevando o risco de acamamento da lavoura. O espaçamento entre linhas ideal demanda ainda muitos estudos, mas as primeiras avaliações realizadas em Sete Lagoas/MG demonstram como mais adequado o espaçamento de 0,7 m entre linhas. No caso do sorgo biomassa, os espaçamentos entre linhas mais adensados tendem a não elevar a produtividade de colmos, e, além disso, diminuem o diâmetro de colmos, aumentando o risco de acamamento.

O sorgo biomassa permite ao produtor ter “estoque no campo”. Ao final do ciclo de crescimento, caso não seja feita a colheita, o sorgo permanece com suas características. Além disso, é possível colher e fazer fardos para uso posterior.

Um fator importante a ser considerado no uso de matérias-primas para a geração de energia a partir de biomassa é a sua umidade, pois caso ela seja alta, haverá um gasto energético adicional para

a evaporação da água e, consequentemente, perda de eficiência na geração de energia. Para solucionar essa limitação, o melhoramento genético surge como uma opção no sentido de buscar materiais com umidade menor no ponto de colheita. Entretanto, com os materiais existentes no momento, sugere-se a umidade de 50% para a colheita. Neste aspecto, devem-se utilizar os grãos para verificar o ponto de maturação fisiológica da planta e, a partir daí, com o máximo de desenvolvimento do colmo, acompanhar a perda de umidade.

Atualmente, existem algumas possibilidades que estão sendo utilizadas nas usinas e alguns cuidados terão que ser observados durante o plantio para utilização dos equipamentos de colheita, sendo discutidos a seguir.

No caso das colhedoras de forragem autopropelidas, que vêm sendo utilizadas atualmente, o espaçamento simples de 0,70 m entre fileiras é o mais indicado e a colheita pode ser feita tanto no sentido da linha como no sentido transversal, porque o sistema de corte da plataforma é aberto, permitindo a entrada de plantas sem derrubá-las lateralmente, e com cilindros de corte horizontais.

O rendimento operacional da colhedora de forragem autopropelida, com plataformas de 3,2 e 3,5 m, e potência 450 cv e 545 cv, respectivamente, situa-se entre 140 e 160 t h<sup>-1</sup>, ou seja, 2 a 3 ha h<sup>-1</sup>. Entretanto, para que estas colhedoras possam ser utilizadas na cultura do sorgo biomassa, alguns cuidados precisam ser tomados, como ajustes no cilindro de corte.

A velocidade de deslocamento das colhedoras de forragens precisa ser estabelecida, para evitar o “embuchamento” de material a ser cortado na entrada do cilindro. Cada equipamento de colheita tem

a sua capacidade de processar o material colhido por unidade de área, indicado no manual de uso da máquina. Em algumas circunstâncias, por exemplo, a única alternativa para evitar o “embuchamento” é a redução da velocidade de deslocamento da colhedora, em locais de alta produtividade, de até 50 t h<sup>-1</sup>.

Contudo, ainda não há clareza sobre a eficiência do processo de colheita na cultura do sorgo biomassa, necessitando-se muitos estudos para a comprovação do método de corte das plantas mais eficiente para a geração de energia através da queima da biomassa produzida.

## **Adubação da Cultura**

### **Flávia Cristina dos Santos e Álvaro Vilela de Resende**

Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, Caixa Postal 285, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG, [flavia.santos@embrapa.br](mailto:flavia.santos@embrapa.br)

O sorgo é reconhecido como cultura de certa adaptabilidade a condições adversas, no que se refere à tolerância a déficit hídrico e acidez do solo, desenvolvendo-se bem em zonas menos férteis, secas e quentes (RODRIGUES FILHO et al. 2006). Entretanto, a cultura é altamente responsiva à correção do solo e adubação (RABELO et al. 2012), de forma que para expressar todo o seu potencial produtivo é necessário que suas exigências nutricionais sejam supridas de forma adequada.

As cultivares de sorgo selecionadas para a produção de biomassa ainda não são bem conhecidas quanto aos requerimentos nutricionais quando se visam altas produtividades. Entretanto, estabelecendo-se um paralelo com a capacidade de absorção de nutrientes pelo sorgo forrageiro, observada por Franco (2011), pode-se esperar que

o sorgo biomassa apresente incremento substancial na produtividade quando cultivado com alto investimento em adubação. Aquele autor obteve produtividade de  $18,3 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca, para a cultivar de sorgo forrageiro BRS 610, com extração de nutrientes da ordem de 16, 3, 18, 6, 2, 1  $\text{kg t}^{-1}$  de N, P, K, Ca, Mg e S e 14, 5, 42, 71 e 11  $\text{g t}^{-1}$  de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

A base para o dimensionamento da adubação para o sorgo biomassa constitui-se da interpretação dos níveis de fertilidade no ambiente de cultivo, por meio da análise do solo, associada à estimativa da extração de nutrientes pelas plantas, a qual se relaciona diretamente com a produtividade esperada em cada talhão/condição de cultivo.

## **Diagnose da fertilidade do solo**

Uma correta recomendação de corretivos e fertilizantes se inicia com uma boa diagnose da fertilidade do solo. Assim, a amostragem de solo deve ser feita de forma adequada, iniciando com a divisão da área em talhões homogêneos, observando declividade do terreno, tipo de solo, vegetação, histórico de uso, entre outros.

Para a coleta das amostras de solo deve-se fazer caminamento em zig-zag em todo o talhão homogêneo, coletando-se cerca de 20 amostras simples para formar uma amostra composta. No ponto da amostragem, os resíduos vegetais devem ser retirados da superfície do solo, podendo-se usar diversas ferramentas de coleta, como enxada, enxadão, trado, etc. O importante é coletar na profundidade correta, e em toda a sua extensão retirar o mesmo volume de solo em cada amostra simples.



A profundidade de amostragem deve ser de 0-20 cm. Caso seja viável, é importante amostrar também a camada de 20-40 cm, pois isso permite uma melhor avaliação da fertilidade do solo em profundidade, assim como é de fundamental importância para a interpretação dos teores disponíveis de enxofre e recomendação de gessagem.

As amostras coletadas devem ser acondicionadas e identificadas de forma adequada em saco plástico resistente. O envio das amostras para análise deve ser o mais breve possível e feito para laboratório de confiança e, de preferência, com controle de qualidade de análises.

Tabelas de interpretação disponíveis nos manuais de fertilidade do solo disponíveis regionalmente (RIBEIRO et al., 1999; RAIJ et al. 1996; SOUSA; LOBATO, 2004) permitem conhecer o nível de fertilidade no talhão a ser cultivado, auxiliando na recomendação de práticas de correção da acidez e fornecimento de nutrientes para o sorgo biomassa.

## **Diagnose nutricional da planta**

A análise foliar da planta de sorgo auxilia o monitoramento do programa de fertilização proposto, de forma que ajustes necessários possam ser feitos nas safras subsequentes.

Para o sorgo recomenda-se coletar 30 folhas da parte mediana das plantas, por talhão homogêneo, no estágio de “emborrachamento”, precedendo a fase de florescimento das plantas. Deve-se coletar uma folha por planta. As folhas devem ser acondicionadas em sacos de papel, identificadas de forma adequada e enviadas o mais

breve possível para um laboratório de confiança e com controle de qualidade de análises.

Além da possibilidade de interpretar os resultados consultando a literatura (manuais de fertilidade já mencionados no item anterior, “Diagnose da fertilidade do solo”), a análise foliar tem especial valor ao permitir comparar a concentração de nutrientes em plantas fracas e em plantas vigorosas identificadas dentro de um mesmo talhão ou propriedade. Para tanto, basta que se colem e analisem separadamente amostras de plantas anormais e normais.

## Calagem

A calagem visa neutralizar a acidez do solo e fornecer cálcio e magnésio às plantas de sorgo.

Para cálculo da necessidade de calagem pode-se utilizar o método da saturação por bases, buscando-se elevar a saturação por bases do solo a 50% para sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados (SOUSA; LOBATO, 2004):

$NC \text{ (t . ha}^{-1}\text{)} = T(Ve-Va)/100$ , em que:

$T = \text{CTC potencial, cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

$Ve$  e  $Va$  = saturação por bases esperada e atual, respectivamente.

Outro método para cálculo da necessidade de calagem é o da neutralização da acidez do solo e elevação dos teores de cálcio e magnésio (ALVAREZ V.; RIBEIRO et al., 1999):

$NC \text{ (t . ha}^{-1}\text{)} = Y.AI^{3+} + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$ , em que:

Y = valor relacionado à capacidade tampão do solo, sendo estimado pela textura do solo, sugerindo-se valor 1 para solos arenosos, 2 para solos de textura média e 3 para solos de textura argilosa e

X = valor relacionado à exigência nutricional da cultura, sendo sugerido o valor 2 para a cultura do sorgo.

Diante do valor da necessidade de calagem, torna-se necessário, por fim, corrigir a dose pelo PRNT (por extenso, para explicar) do calcário a ser utilizado:

Quantidade a aplicar ( $t \cdot ha^{-1}$ ) =  $NC \cdot 100/PRNT$

A dose recomendada de calcário deve ser aplicada superficialmente e incorporada com grade pesada e niveladora a 20 cm de profundidade quando da abertura de área ou correção do solo em sistema plantio convencional. No sistema plantio direto, o calcário deve ser aplicado superficialmente, sem incorporação. Nesse caso, a dose calculada por um dos modos aqui descritos deve ser eventualmente dividida em aplicações não superiores a 2 ou 3  $t \cdot ha^{-1}$ , visto que nas fórmulas de cálculo de NC considera-se a correção da camada de 0-20 cm de profundidade.

A aplicação do calcário deve ser feita preferencialmente cerca de três meses antes do cultivo, permitindo tempo suficiente para o calcário reagir no solo.

O efeito residual dessa técnica, quando feita de forma correta, é de até cinco anos.

## Gessagem

A gessagem é uma técnica de grande relevância por melhorar o ambiente radicular em profundidade, propiciando melhor desenvolvimento de raízes e, conseqüentemente, aumentando a área de absorção de água e nutrientes.

Para verificar a necessidade ou não da gessagem é necessário avaliar a fertilidade do solo nas camadas subsuperficiais, por exemplo, de 20-40 cm. Caso o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  esteja abaixo de  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ou a saturação por alumínio acima de 20%, há grande probabilidade de resposta à aplicação do gesso.

A dose a ser recomendada para o sorgo, segundo Sousa e Lobato (2004), deve ser calculada pela fórmula:

Dose Gesso ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) =  $50 \times \text{teor de argila do solo (\%)}$ .

O gesso deve ser aplicado superficialmente no solo, não havendo necessidade de incorporação e nem aplicação prévia ao plantio.

Espera-se efeito residual da gessagem de cerca de cinco anos.

## Adubação

A adubação é um dos principais fatores de aumento de produção na cultura do sorgo. Um bom programa de adubação leva em consideração o princípio do balanço nutricional, ou seja, as doses recomendadas de fertilizantes são definidas pela diferença entre a demanda pela planta e o suprimento pelo solo (considerando matéria orgânica e resíduos de palhada).

A exemplo do nitrogênio, estima-se que cada 1 dag kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica possa fornecer cerca de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (SOUSA; LOBATO, 2004). Tais valores, aliados à contribuição de nutrientes ciclados da palhada, não podem ser desconsiderados, pois isso gerará uma economia em gastos com fertilizantes (MARANVILLE; MACHAVAN, 2002; BARBANTI et al., 2006).

Pesquisas preliminares desenvolvidas pela Embrapa Milho e Sorgo com sorgo biomassa possibilitam sugerir as doses de macronutrientes requeridas pela cultura (Tabela 4). Ressalta-se que essas sugestões são válidas para solos com acidez corrigida e fertilidade no perfil já estabelecida em níveis interpretados como médios a altos para P e K. Se necessária, essa adequação inicial da fertilidade no perfil deve ser feita a partir de adubações corretivas com fósforo, potássio e micronutrientes. Recomendações para a construção da fertilidade do solo estão disponíveis em publicações de Ribeiro et al. (1999) e Sousa e Lobato (2004).

**Tabela 4.** Sugestões de adubação na semeadura e cobertura com macronutrientes para o sorgo biomassa em solos de fertilidade corrigida.

| Meta de produtividade            | Semeadura                      |                               |                  | Cobertura |     |                  |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------|-----|------------------|
|                                  | N                              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | S         | N   | K <sub>2</sub> O |
| ha <sup>-1</sup> de matéria seca | -----kg ha <sup>-1</sup> ----- |                               |                  |           |     |                  |
| < 30                             | 20                             | 80                            | 60               | 20        | 80  | 40               |
| 30-50                            | 20                             | 100                           | 60               | 30        | 100 | 60               |
| > 50                             | 20                             | 120                           | 60               | 40        | 120 | 80               |

A adubação de cobertura deve ser aplicada quando as plantas apresentarem de 4 a 6 folhas ou 30 a 40 cm de altura.

É importante atentar para a necessidade de monitoramento frequente da fertilidade do solo, pois a colheita da planta inteira do sorgo para biomassa resulta em intensa exportação de nutrientes que precisarão ser repostos em adubações futuras, a fim de garantir continuamente produtividades satisfatórias sem que haja esgotamento do solo.

## **Manejo Integrado de Pragas**

### **Simone Martins Mendes**

---

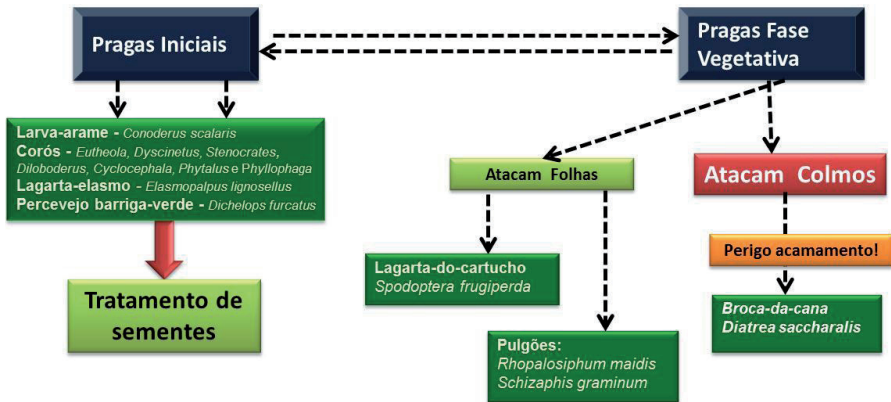
Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, Caixa Postal 285, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG, [simone.mendes@embrapa.br](mailto:simone.mendes@embrapa.br)

Um dos gargalos da produção de sorgo dentro das suas várias aptidões tem sido o controle de pragas. Os monitoramentos de insetos em parcelas de sorgo biomassa são incipientes, mas sinalizam grupos de insetos com potencial para causar problemas nas lavouras. Assim, obedecendo alguns pressupostos básicos da cultura, aliados às estratégias desenhadas para o cultivo do sorgo biomassa, pode-se sumarizar alguns insetos com potencial para se tornarem pragas, bem como algumas estratégias de manejo integrado (Figura 1).

Um dos problemas a serem equacionados no sistema de produção do sorgo biomassa é a questão do acamamento das plantas em função do grande porte que estas alcançam. Destaca-se, então, a necessidade de atenção a pragas que atacam o colmo, por expor ainda mais essa fragilidade do cultivo.

### **Pragas Iniciais**

O grupo de insetos que atacam a parte subterrânea das plantas é mais difícil de ser identificado. Os danos implicam principalmente a



**Figura 1.** Fluxograma de principais insetos-praga em sorgo biomassa.

redução de estande, vigor da planta e sistema radicular, contribuindo para o maior acamamento e redução drástica do índice de colheita. As principais espécies subterrâneas são: peludinha [*Astylus variegatus* (Germar)], larva-aramé [*Conoderus scalaris* (Germar)], corós ou bicho-bolo, larvas de várias espécies de besouros dos gêneros *Eutheola*, *Dyscinetus*, *Stenocrates*, *Diloboderus*, *Cyclocephala*, *Phytalus* e *Phyllophaga*.

Pertencentes ao grupo de insetos que atacam a plântula estão a lagarta-elasma [*Elasmopalpus lignosellus* (Zeller)], cujo sintoma de dano típico é o coração-morto, e o percevejo-barriga-verde [*Dichelops furcatus* (Fabr.)], que pode causar deformação nas plantas e aumentar o perfilhamento. Para esse grupo de insetos praga preconiza-se realizar o tratamento de sementes (Figura 1).

## Pragas da Parte Vegetativa

Pode-se dividir esse grupo de insetos em dois, de acordo com o hábito alimentar e a parte da planta em que são encontrados.

### Pragas que Atacam as Folhas

A lagarta-do-cartucho [*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)] é encontrada, normalmente, dentro do cartucho das plantas durante o dia e tem atividade intensa durante a noite. As fêmeas, depois do acasalamento, depositam massas de ovos (aproximadamente 150 ovos/postura) nas folhas. Após a eclosão, as lagartas raspam o limbo foliar e migram para o cartucho da planta. As folhas novas são danificadas dentro do cartucho e, quando se abrem, apresentam lesões simétricas nos dois lados do limbo foliar. Nos dois últimos instares, as lagartas consomem grande quantidade de folha e provocam os maiores danos. Para o manejo dessa espécie recomenda-se realizar o monitoramento das lavouras, sobretudo até o estágio de V8-V9. Quando as amostragens indicarem 20% de plantas com lagartas e sintomas de folhas raspadas, sugere-se entrar com pulverização de inseticida.

Outras pragas que atacam as folhas são duas espécies de pulgões: o pulgão-verde [*Schizaphis graminum* (Rondani)] e o pulgão-do-milho [*Rhopalosiphum maidis* (Fitch)]. A reprodução desses insetos ocorre num período de tempo relativamente curto, e eles possuem alto potencial biótico, podendo formar grandes colônias e causar danos expressivos. Os danos podem ser diretos, por causa da sucção de seiva das plantas, ou indiretos, pela transmissão de vírus, como o do mosaico-da-cana-de-açúcar, introduzidos pelos pulgões adultos e alados durante a picada de prova no início da colonização ou na dispersão na lavoura.



## Pragas que Atacam os Colmos

Em função do grande porte apresentado por este tipo de sorgo, maior atenção deve ser dada à avaliação da ocorrência desse grupo de insetos, que têm potencial para reduzir a estrutura de sustentação da planta, predispondo-a ao acamamento.

Os adultos da broca-da-cana [*Diatraea saccharalis* (Fabr.)] são mariposas que colocam seus ovos nas folhas do sorgo. Após a eclosão, as lagartas raspam o limbo foliar e dirigem-se internamente para a base da bainha das folhas, por onde penetram no colmo e, ao se alimentarem, formam galerias. Estas galerias normalmente são verticais e ascendentes ou podem ser circulares, seccionando o colmo (Figura 2). Em ambos os casos, as galerias podem ser contaminadas por fungos que provocam uma reação vermelha no interior do colmo, contribuindo para aumentar os danos. Essa reação tem uma coloração vermelha pronunciada, em função do pigmento antocianina, presente naturalmente no sorgo. A broca-da-cana é uma espécie polífaga, podendo ser encontrada em mais de 65 espécies vegetais, incluindo pastagens de importância econômica, além de cana-de-açúcar, milho, milheto, sorgo, trigo, entre outras, causando perdas econômicas consideráveis nesses cultivos.

A broca-da-cana provoca danos nos colmos, enfraquecendo-os, em função do seu hábito alimentar. Os danos decorrentes do consumo dos tecidos da planta causam abertura de galerias nos colmos, que podem levar à perda de peso da planta, à morte da gema apical, ao tombamento das plantas, encurtamento do entrenó, ao enraizamento aéreo e ao crescimento das gemas laterais. Esses danos podem ocorrer isolada ou associadamente. Além disso, abrem entradas para a ocorrência de microrganismos oportunistas, como os fungos *Fusarium verticillioides* Sacc. (Nirenberg) e *Colletotricum sublineolum* Henn., que promovem o enfraquecimento dos colmos e

predispõem as plantas ao quebramento, que pode ser agravado por ventos fortes e plantios muito adensados.

Recomenda-se monitorar essa espécie nas lavouras com a utilização de armadilhas contendo fêmeas virgens (feromônio natural) e manejar a infestação com a utilização de agentes de controle biológico. Deve-se priorizar a utilização de parasitoides de ovos (*Trichogramma* spp.) com intuito de reduzir a infestação inicial e, uma vez detectada a infestação de lagartas nos colmos, deve-se utilizar parasitoides de larvas, especialmente *Cotesia* spp., que apresentam alta especificidade com as larvas dessa praga. A utilização do controle biológico deve ser a estratégia de manejo prioritária, sobretudo pela inexistência de inseticidas registrados para o controle dessa praga em sorgo.

O tratamento de sementes é parte fundamental das estratégias de manejo de pragas nessa cultura, pois protege a fase inicial do cultivo e ajuda a garantir o estande adequado. Programas de manejo devem ser baseados em monitoramentos constantes da população de insetos, em estratégias que usem racionalmente a aplicação de inseticidas, visando o equilíbrio da população de insetos no campo para que não causem dano econômico. Além disso, atenção especial deve ser dada ao monitoramento da ocorrência de broca-da-cana, que tem sido identificada em levantamentos preliminares como praga-chave da cultura.



**Figura 2.** Sintoma de galeria, lagarta e pupa de *Diatraea saccharalis* em sorgo.

## Manejo Integrado de Doenças

**Dagma Dionísia da Silva, Luciano Viana Cota, Rodrigo Vêras da Costa**

---

Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, Caixa Postal 285, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG, dagma.silva@embrapa.br

A atual demanda por sorgo em seus diversos tipos tem resultado na necessidade de busca por mais informações a respeito das doenças que afetam a cultura no País. Isto porque, embora tradicionalmente o sorgo dos tipos granífero e forrageiro sejam os mais cultivados e suas principais doenças conhecidas, a demanda por sorgo sacarino e sorgo biomassa tem resultado no cultivo destes materiais em novas áreas. Nestas áreas, ainda sem tradição da cultura, como no cultivo de sorgo sacarino em usinas de cana-de-açúcar e, mais recentemente, com o cultivo de sorgo biomassa destinado às usinas termoeletricas e à indústria que utiliza caldeiras na geração de energia, a dinâmica das doenças pode ser diferente.

No caso do sorgo biomassa, além do poder calorífero, a quantidade de massa verde produzida será determinante para o sucesso da cultura. Entre os fatores que podem reduzir a quantidade e qualidade de biomassa produzida, as doenças merecem atenção, já que as principais que ocorrem em sorgo no País afetam a parte aérea. Isto implica redução de área foliar disponível para queima e redução no peso de massa total produzida. Entre as doenças que afetam o sorgo em condições brasileiras, as mais severas são a antracnose, a helmintosporiose, a ferrugem, o míldio e a mela, ou ergot.

Da mesma forma que o genótipo influencia a reação aos diferentes patógenos, a época de plantio e o ciclo de vida da cultura, aliados às condições ambientais, irão determinar quais as doenças, entre

as que prevalecem no País, serão importantes para o sorgo biomassa nas áreas em que este será introduzido.

As primeiras avaliações apontam a helmintosporiose e a ferrugem como doenças mais comuns para o sorgo biomassa, mesmo que em baixa severidade, quando comparado com os outros tipos de sorgo. No entanto, com a expectativa de introdução de cultivares e o aumento da área plantada, estas e outras doenças, como a antracnose, poderão vir a serem importantes a curto ou médio prazo.

A seguir, a descrição das principais doenças em sorgo no Brasil, que podem ser problema também em sorgo biomassa.

## Principais Doenças

### Antracnose

(*Colletotrichum sublineolum* Henn)

É a principal doença para sorgo no Brasil por estar distribuída em praticamente todas as regiões produtoras e por sua capacidade de destruição total da parte aérea em cultivares suscetíveis. A severidade desta doença está diretamente relacionada às condições que favorecem o ataque do patógeno, caracterizada por altas temperaturas (22-30 °C), alta umidade e pela utilização de cultivares suscetíveis, que favorecem o aumento de inóculo do patógeno de uma safra a outra. A antracnose pode resultar em perdas na produção de grãos em até 70%. Para sorgo biomassa um dos principais problemas da ocorrência da antracnose em alta severidade é a queda na produção de massa total e a seca prematura das plantas, já que, neste caso, a parte aérea é que será utilizada para gerar energia, sendo mais importante que a produtividade dos grãos (Figura 3A).

Os sintomas da antracnose são lesões elípticas a circulares, nas quais se desenvolvem pequenos centros circulares de coloração palha, com margens que variam de avermelhadas, alaranjadas, púrpuro-escuras a castanhas, mudanças que dependem da cultivar (Figura 3B). No interior das lesões é possível observar a presença de estruturas escuras, os acérvulos, que são as frutificações do patógeno, nas quais os conídios são produzidos e disseminados entre plantas durante um mesmo ciclo da cultura ou servirão como fonte de inóculo para plantios posteriores.

A doença pode ocorrer também na nervura central da folha, em colmos, panículas e raízes (Figuras 3C e 3D). No colmo, a doença tem início após a fase de maturação fisiológica da planta e os sintomas são caracterizados por coloração avermelhada ou amarelada, onde pontuações brancas, referentes ao ponto de penetração do fungo, são observadas. Externamente, pode ser produzida uma massa de coloração rosada, que corresponde à massa de conídios. A podridão de colmo tem como principais problemas o tombamento das plantas e dificuldade na colheita.

Além do sorgo, outras espécies de gramíneas são hospedeiras de *C. sublineolum*, tais como *S. halepense*, *S. verticilliphorum*, *S. arundinaceum*, *S. margaritifera*, *S. sudanense* e *S. dochna*. O fungo também sobrevive na forma de micélio, conídios e microescleródios em restos de culturas e sementes.

A antracnose é mais severa a partir da fase de florescimento e formação de grãos, principalmente quando estas fases coincidem com alta temperatura e umidade; no entanto, a doença pode ocorrer em todas as fases de desenvolvimento da cultura.

## Helmintosporiose

(*Exserohilum turcicum* (Pass.) K. J. Leonard & E. G. Suggs)

A helmintosporiose é uma doença que ocorre na fase vegetativa, podendo levar à perda considerável de área foliar e seca precoce das plantas e resultar em perdas acima de 50%. A doença é favorecida por alta umidade e temperaturas mais amenas, entre 18-27 °C e, por causa disso, sua incidência e severidade têm sido maior em plantios de segunda safra, nas regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Os sintomas da doença são lesões necróticas alongadas de formato elíptico, com bordas púrpuro-avermelhadas, acinzentadas ou amareladas, que variam em função da cultivar (Figura 4A). As primeiras lesões podem surgir logo no início do desenvolvimento da cultura, nas folhas mais velhas, progredindo para as folhas mais novas. Em ataques severos, com o avanço da doença, as folhas tornam-se quebradiças.

A ocorrência da helmintosporiose pode predispor as plantas a fungos causadores de podridão de colmo, como *C. sublineolum* e *F. verticillioides*.

O fungo sobrevive como micélio e conídios em restos culturais infectados. Os conídios podem ser transportados a longas distâncias pelo vento e são responsáveis pela disseminação da doença. Espécies selvagens de sorgo são hospedeiras de *E. turcicum* e podem contribuir para a disseminação da doença.

## Ferrugem

(*Puccinia purpurea* Cooke)

A ferrugem está distribuída em todas as regiões produtoras de sorgo no mundo. A doença é favorecida por alta umidade e temperaturas mais amenas. Nestas condições, a doença reduz a qualidade de forragem e produção de grãos em até 65%. Assim como a helmintosporiose, a ferrugem também predispõe a planta ao ataque de patógenos causadores de podridão de colmo e ainda aos causadores de grãos mofados.

A ferrugem geralmente ocorre em plantas entre 45 e 90 dias de plantio. Os sintomas da ferrugem são caracterizados por pústulas de cor castanho-avermelhadas distribuídas paralelamente entre as nervuras (Figura 4B). Nas pústulas, grande quantidade de uredosporos é produzida, sendo estes facilmente carregados pelo vento e levados a longas distâncias, podendo infectar folhas e plantas ainda sadias.

Outras espécies de sorgo também são suscetíveis à *P. purpurea*, entre as quais *S. halepense*, *S. verticilliflorum* e *S. arundinaceum*. O patógeno foi relatado infectando plantas de trevo (*Oxalis corniculata*), que pode servir como fonte de disseminação da doença.

## Míldio

(*Peronosclerospora sorghi* (W. Weston & Uppal) C.G. Shaw)

O míldio é encontrado em todas as regiões de plantio de sorgo no País, podendo causar danos de 80%. Plantas infectadas por *P. sorghi* na fase inicial de desenvolvimento são estéreis.

A doença apresenta dois tipos de infecção, a sistêmica e a localizada. Na infecção sistêmica, são observadas faixas de tecido verde alternadas com áreas de tecidos cloróticos, distribuídas paralelamente pelo comprimento das folhas (Figuras 4D e 4E). Com o avanço da doença, as faixas cloróticas necrosam e se rasgam facilmente pela ação do vento, liberando uma estrutura de resistência, os oósporos, no solo, onde irão permanecer por longo período e infectar as plantas no próximo plantio. Dentro da lavoura, a doença também é disseminada por conídios. O sintoma localizado da doença é caracterizado por lesões de formato retangular que são delimitadas pelas nervuras das folhas (Figura 4D). Em ambos os sintomas, crescimento pulverulento de cor branca, que corresponde aos conidióforos e conídios de *P. sorghi*, pode ser observado na parte abaxial das folhas.

*P. sorghi*, por ser um parasita obrigatório, necessita de hospedeiro vivo, e, portanto, hospedeiros secundários são importantes para sua sobrevivência. O milho também é hospedeiro de *P. sorghi* e além dele espécies das tribos *Andropogonae*, *Panicaceae* e *Maydae* são hospedeiras secundárias do fungo, entre as quais espécies de sorgo selvagem e *S. arundinaceum*.

## **Doença Açucarada, ou Ergot**

(*Claviceps africana* Frederickson, Mantle and de Milliano)

Relatada pela primeira vez no Brasil em 1995, a doença açúcarada tem ocorrido de forma generalizada em todas as regiões produtoras de sorgo no País. A doença açúcarada tem sido um maior problema para as indústrias de sementes e para os produtores de grãos e/ou forragens de sorgo. As condições que favorecem a doença são temperaturas entre 13 e 18,7 °C e umidade entre 76 a 84%.



O patógeno infecta o ovário não fertilizado, onde ocupa o lugar do pólen, impedindo a produção de grãos ou sementes. *C. africana* libera nas panículas, onde deveriam estar as flores, uma exsudação na forma de gotas açucaradas, na qual estão os conídios (Figura 4C). As gotas são fonte de disseminação da doença através de respingos e insetos atraídos pelo açúcar, e ao secarem são facilmente carregadas pelo vento. Sob condições de alta umidade, o fungo saprófita *Cerebella volkensii* cresce sob as gotas, que se tornam uma massa negra e amorfa. Em condições de alta temperatura e de baixa umidade, há um ressecamento da exsudação, que se transforma em uma crosta esbranquiçada e dura que facilmente se destaca da panícula.

Diversas gramíneas, entre as quais *S. halepense*, são hospedeiras de *C. africana* e fonte de inóculo da doença.

## Outras Doenças

Algumas doenças, embora apareçam com frequência no campo, são até o momento, consideradas como secundárias, por causa da baixa severidade em que têm ocorrido. Entre elas, cercosporiose (*Cercospora fusimaculans*), mancha-alvo (*Bipolaris sorghicola*), mancha-zonada (*Gloeocercospora sorghi*) e a mancha-de-ramulispóra (*Ramulispora sorghi*) (Figuras 4F a 4I). Entre estas doenças, a mancha-alvo já foi observada causando, esporadicamente, epidemias mais severas, e a mancha-de-ramulispóra tem ocorrido com maior frequência e severidade nos últimos anos.

## Manejo de Doenças

A principal estratégia de manejo de doenças em sorgo é o uso de cultivares resistentes e esta estratégia deve ser utilizada sempre que cultivares resistentes e com características agronômicas e industriais desejáveis estiverem disponíveis no mercado. Recomen-

da-se que as empresas, na busca de genótipos com alta capacidade de produção de biomassa, levem em conta também a reação aos principais patógenos, já que os mais importantes em sorgo, na atualidade, são exatamente os que causam perdas na parte superior das plantas, ou seja, reduzem a área foliar disponível e causam podridão de colmo.

Outra estratégia para o manejo de doenças em sorgo que tem se mostrado eficiente é o controle químico. No entanto, apenas o tebuconazol tem registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), para controle de doenças da parte aérea. O tebuconazol é recomendado para controle da doença açucarada, que infecta a panícula e tem maior importância em campos de produção de sementes. A aplicação deve ser realizada próxima da emissão das panículas, já que o fungo infecta o ovário não fertilizado. Porém, como a colheita do sorgo biomassa será realizada aproximadamente 40 dias após o florescimento, e os grãos não são a parte da planta de maior interesse, deve-se atentar para a viabilidade econômica do controle químico.

Os demais produtos registrados no Mapa são para controle de patógenos de solo. Entre estes produtos, a mistura fludioxonil (fenilpirrol) + metalaxil-M (acilalaninato), registrada para tratamento de sementes de vários patógenos, como *C. sublineolum*, *Rhizoctonia solani*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.* e *Fusarium verticillioides*, tem efeito contra *P. sorghi*.

Para doenças importantes, como a antracnose e a helmintosporiose, vários princípios ativos já foram testados, mas vale lembrar que, até o momento, não existe registro no Mapa de fungicidas para o controle de doenças foliares em sorgo. Na Tabela 5, são apre-

sentados os fungicidas que apresentam potencial para o manejo de doenças em sorgo.

**Tabela 5.** Fungicidas com potencial para a utilização no controle de doenças na cultura do sorgo. Sete Lagoas, MG, 2013.

| Princípio Ativo                  | Dose (P.C.) <sup>1</sup>                   | Doenças controladas                           |
|----------------------------------|--|---|
| Metalaxil-M + Fludioxonil        | 100 mL<br>100 Kg<br>sementes <sup>-1</sup> | Tratamento<br>sementes                        |
| Tebuconazol*                     | 1L ha <sup>-1</sup>                        | Ergot, ferrugem,<br>helminthosporiose         |
| Epoxiconazol + Piraclostrobina*  | 0,75L ha <sup>-1</sup>                     | Antracnose,<br>helminthosporiose,<br>ferrugem |
| Azoxistrobina + Ciproconazol*    | 0,3L ha <sup>-1</sup>                      | Antracnose,<br>helminthosporiose,<br>ferrugem |
| Tebuconazol + Trifloxistrobina*  | 0,6-0,75L<br>ha <sup>-1</sup>              | Antracnose,<br>helminthosporiose,<br>ferrugem |
| Propiconazol + Trifloxistrobina* | 0,6-0,8L<br>ha <sup>-1</sup>               | Antracnose,<br>helminthosporiose,<br>ferrugem |
| Carbendazim*                     | 0,6L ha <sup>-1</sup>                      | Antracnose                                    |

Fonte: Agrofite (2003), Cota et al. (2012) <sup>1</sup>P.C= produto concentrado, \*Adicionar óleo mineral 0,5% do volume de calda.

Quanto ao número e à época de aplicação, deve-se levar em consideração que a helmintosporiose ocorre na fase vegetativa, sendo seu controle mais eficiente se a primeira aplicação for realizada entre 40-45 dias após o plantio (DAP), devendo-se para tanto monitorar o início dos primeiros sintomas. Os primeiros sintomas podem iniciar já no início de desenvolvimento da doença.

Para a antracnose, que é favorecida e mais severa a partir do florescimento, a primeira aplicação poderá ser realizada a partir dos 60-65 DAP. No entanto, como já citado, a antracnose pode infectar as plantas em qualquer fase de desenvolvimento da cultura e, tendo o sorgo biomassa um ciclo muito maior que os demais tipos de sorgo, o monitoramento e conhecimento da reação das cultivares ao patógeno serão importantes para a tomada de decisão. Da mesma forma, o número de aplicações dependerá da suscetibilidade das cultivares, das condições climáticas e do período residual dos fungicidas em relação ao ciclo da cultura. No caso do sorgo sacarino e granífero, considerando-se que o período residual dos fungicidas estrobilurinas e triazóis é de até 20 dias, e que doenças importantes ocorrem na fase vegetativa e outras após o florescimento, até duas aplicações podem ser necessárias. No entanto, os outros tipos de sorgo possuem um ciclo de aproximadamente 120 dias, enquanto o sorgo biomassa tem um ciclo aproximado de seis meses. Neste caso, o longo período da cultura no campo, aliado à capacidade de patógenos, como *P. purpurea*, *E. turcicum* e *C. sublineolum*, de produzirem esporos várias vezes durante um único ciclo da cultura, causando infecção em folhas ou plantas saudáveis, leva a observar que talvez duas aplicações não sejam suficientes.

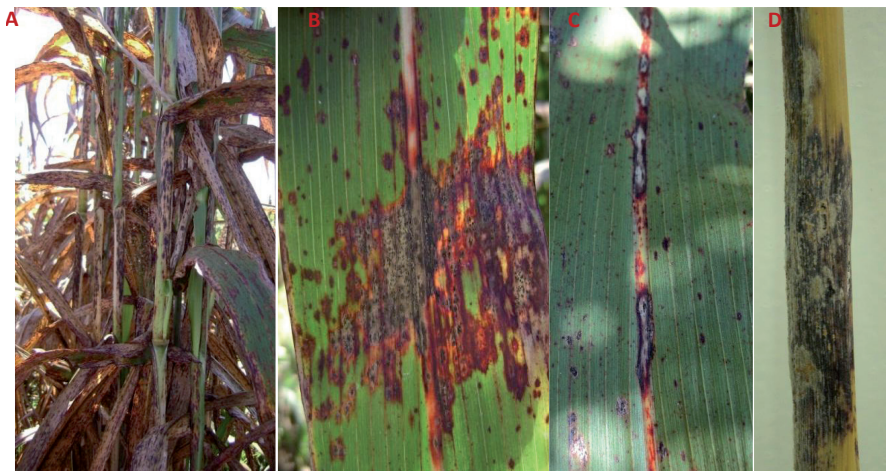
Outra questão a considerar é a forma de aplicação dos produtos. Normalmente, são utilizados pulverizadores de arrasto, autopropelidos e aeronaves. Com os pulverizadores de arrasto e os autopropelidos

lidos, as aplicações podem ser realizadas em plantas com até 100 e 120 cm de altura, respectivamente. Porém, o sorgo biomassa pode atingir acima de 5 m de altura, e, portanto, o uso de aeronaves nas demais aplicações poderá ser requerido.

Diante do exposto e considerando que o sorgo biomassa tem seu plantio recomendado para o início do período chuvoso, ou seja, entre setembro e dezembro, e que nesta época a cultura tem seu período vegetativo prolongado, iniciando a fase de florescimento somente a partir de março do ano seguinte, algumas considerações devem ser feitas a respeito das doenças nesta cultura. Como já relatado anteriormente, algumas doenças que apresentam potencial para atacar o sorgo biomassa, como a helmintosporiose, têm na fase vegetativa a época mais favorável para ocorrência e poderão, durante este período, estar entre os principais problemas para seu desenvolvimento, principalmente se houver nesta fase redução na temperatura. No caso da antracnose -- que tem ocorrência e severidade aumentadas a partir da fase de florescimento, e em condições mais quentes e úmidas, o florescimento a partir de março, período que corresponde a uma época mais seca, e quando a temperatura começa a baixar -- talvez ataques mais severos da doença não ocorram. Mas vale relembrar que a antracnose pode ocorrer em todas as fases de desenvolvimento da cultura e que esta deverá ser monitorada durante o cultivo do sorgo biomassa, já que ele possui um ciclo de aproximadamente seis meses, mais longo que os demais tipos de sorgo. Portanto, a cultura ficará exposta a condições variadas de clima, que podem favorecer esta e outras doenças.

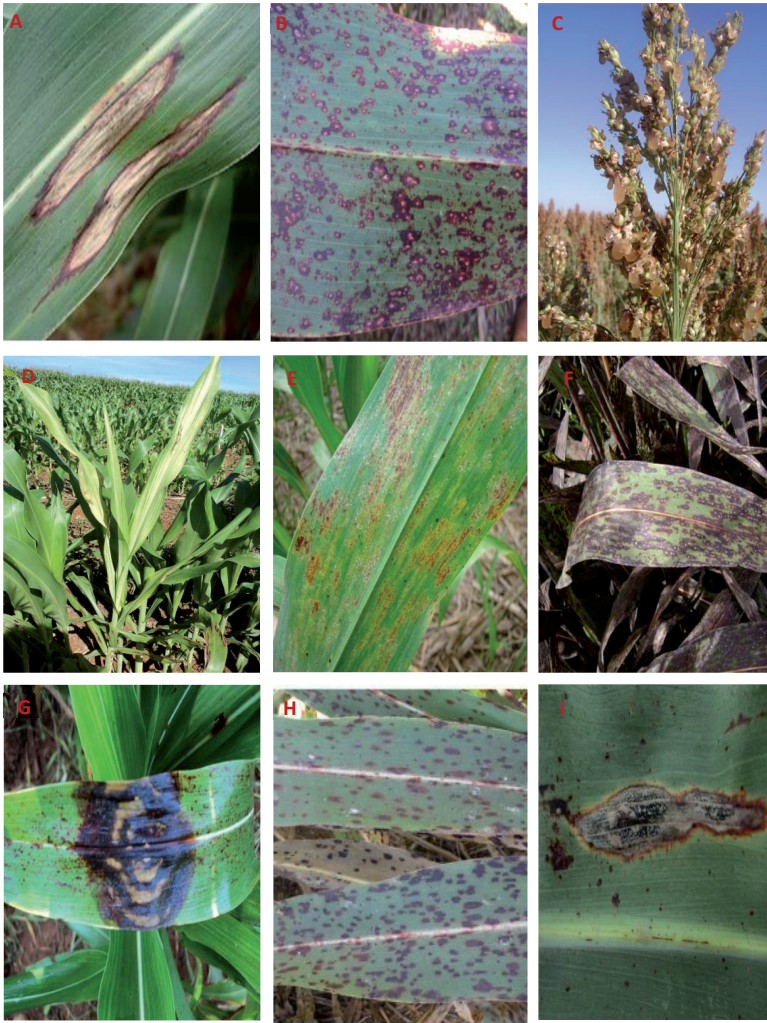
Outras estratégias para manejo de doenças também devem ser utilizadas visando a sustentabilidade da cultura e dos recursos naturais utilizados nas atividades de produção de energia. Entre elas, a rotação de culturas deve ser priorizada, sempre que possível; a

eliminação de hospedeiros alternativos aos patógenos de sorgo; o plantio contínuo e de grandes áreas com uma única cultivar deve ser evitado, de forma a reduzir a pressão das doenças e o aumento de inóculo entre cultivos.



**Figura 3.** Sintomas da antracnose em sorgo: (A) ataque severo com seca das plantas, (B) antracnose foliar, (C) antracnose na nervura e (D) antracnose do colmo. Fotos: Pesquisadores Embrapa Milho e Sorgo.





**Figura 4.** Doenças em sorgo. (A); helmintosporiose; (B) ferrugem; (C) ergot; (D) e (E) míldio, infecção sistêmica e infecção localizada, respectivamente, (F) cercosporiose, (G) mancha-zonada, (H) mancha-de-bipolares e (I) mancha-de-ramulispora. Fotos: Pesquisadores Embrapa Milho e Sorgo.

## Manejo de Plantas Daninhas

### Alexandre Ferreira da Silva

Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, Caixa Postal 285, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG, alexandre.ferreira@embrapa.br

O sorgo biomassa, ao contrário dos outros tipos de sorgo (sacarino, granífero e forrageiro), apresenta rápido crescimento inicial. Porém, para que a cultura possa expressar todo o seu potencial produtivo, é necessário que o manejo de plantas daninhas seja realizado de forma adequada, principalmente durante a fase de estabelecimento da cultura. Um bom programa de manejo de plantas daninhas deve permitir a máxima rentabilidade com o mínimo de risco econômico e ambiental. Para isso, o produtor deve conhecer a capacidade competitiva das espécies daninhas presentes em sua área e fazer a utilização de diferentes estratégias de controle, que melhor se adequam a sua realidade. Dentre as alternativas de controle de plantas daninhas que podem ser utilizadas na cultura do sorgo, destacam-se os controles preventivo, mecânico, cultural e químico. A seguir, será apresentada, de maneira resumida, cada uma das alternativas de controle mencionadas.

### Controle Preventivo

O controle preventivo visa prevenir a entrada e o estabelecimento de plantas daninhas em áreas por elas ainda não infestadas. Dentre as medidas passíveis de serem adotadas, podem ser citadas: aquisição de sementes certificadas, com elevado valor cultural (pureza x germinação); limpeza cuidadosa de máquinas e implementos agrícolas antes de movimentá-los de um campo para outro; interrupção do ciclo reprodutivo das plantas infestantes presentes em áreas contíguas às da lavoura, tais como: cercas, pátios, estradas,



terraços e canais de irrigação, para evitar que produzam sementes e repovoem áreas cultivadas.

## Controle Mecânico

O controle mecânico consiste na eliminação mecânica de plantas daninhas, seja por tração animal, humana ou tratorizada. O controle ocorre por meio do efeito mecânico de quebra, corte, arranque e exposição das estruturas das plantas à secagem pelo sol. É recomendado que esta atividade seja realizada, preferencialmente, com solo seco e em dias quentes. Cuidados devem de ser tomados para evitar danos no sistema radicular da cultura. Este método apresenta algumas limitações, como: dificuldade de controle das plantas daninhas na linha de plantio; baixa eficiência, quando realizado sob chuva; controle ineficiente de plantas que se reproduzem por partes vegetativas, tais como tiririca (*Cyperus* spp.), trapoeraba (*Commelina* spp.), grama-seda (*Cynodon dactylon*), capim-massambará (*Sorghum halepense*), etc.

## Controle Cultural

O controle cultural consiste em usar qualquer condição ambiental favorável ou procedimento que promova o rápido crescimento da cultura, promovendo esta em detrimento das plantas daninhas. Dentre as medidas passíveis de serem utilizadas podem ser citadas: utilização de cultivares adaptadas à região; semeadura na época e densidade recomendada; adubação balanceada; rotação de cultura, com plantas que possuam preferencialmente hábitos de crescimento e características culturais contrastantes e que permitam a utilização de herbicidas com diferentes espectros de ação dos utilizados na cultura do sorgo; adoção do sistema de plantio direto, pois a manutenção da cobertura morta sobre a superfície pode favo-

recer a supressão de determinadas plantas daninhas, em virtude do possível efeito alelopático da palhada da planta de cobertura, além de funcionar como uma barreira física à emergência de algumas plântulas infestantes, atrasando ou inibindo o seu desenvolvimento.

## **Controle Químico**

O controle químico consiste no uso de herbicidas registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, objetivando o controle das plantas daninhas. É atualmente o método de controle mais adotado, porém, é importante salientar que o herbicida é uma molécula química que deve ser manuseada cuidadosamente, para evitar o risco de contaminação do ambiente e do aplicador. Atualmente, somente o herbicida atrazine possui produtos comerciais registrados para uso na cultura do sorgo (AGROFIT, 2003). Este herbicida pode ser utilizado tanto em pré quanto em pós-emergência das plantas daninhas e da cultura, dependendo do registro comercial do produto.

O atrazine se caracteriza por atuar como inibidor do fotossistema II e pertencer ao grupo químico das triazinas. Este herbicida apresenta controle moderado sobre gramíneas (Tabela 6).

Tabela 6. Relação de produtos comerciais registrados para uso na cultura do sorgo e espécies daninhas registradas com possibilidade de controle.

| Espécies                          | Atranex<br>WG | Atrazina<br>Nortox<br>500 SC | Coyote<br>WG | Gesaprim<br>GrDa | Gesaprim<br>500 Ciba-<br>Geigy | Herbitrin<br>500 BR | Proof |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------|--------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------|
| <i>Acanthospermum australe</i>    | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Acanthospermum hispidum</i>    | X             | X                            | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Ageratum conyzoides</i>        | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Alternanthera tenella</i>      | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Amaranthus hybridus</i>        | X             | X                            | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Amaranthus viridis</i>         |               | X                            |              |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Avena strigosa</i>             | X             |                              | X            |                  |                                |                     |       |
| <i>Bidens pilosa</i>              | X             | X                            | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Brachiaria plantaginea</i>     | X             | X                            | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Cenchrus echinatus</i>         |               | X                            |              |                  |                                |                     |       |
| <i>Commelina benghalensis</i>     | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Cyperus sesquiflorus</i>       |               | X                            |              |                  |                                |                     |       |
| <i>Desmodium adscendens</i>       |               | X                            |              |                  |                                |                     |       |
| <i>Desmodium tortuosum</i>        | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Digitaria horizontalis</i>     | X             | X                            | X            |                  |                                |                     |       |
| <i>Eleusine indica</i>            | X             | X                            | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Emilia sonchifolia</i>         | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Euphorbia heterophylla</i>     | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Galinsoga parviflora</i>       | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Glycine max</i>                | X             |                              | X            |                  |                                |                     |       |
| <i>Hyptis lophanta</i>            |               |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Hyptis suaveolens</i>          |               |                              |              |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Indigofera hirsuta</i>         |               |                              |              |                  | X                              |                     | X     |
| <i>Ipomoea aristolochiaefolia</i> |               |                              |              |                  | X                              | X                   | X     |

Cont. Tabela 6.

| Espécies                       | Atranex<br>WG | Atrazina<br>Nortox<br>500 SC | Coyote<br>WG | Gesaprim<br>GrDa | Gesaprim<br>500 Ciba-<br>Geigy | Herbitrin<br>500 BR | Proof |
|--------------------------------|---------------|------------------------------|--------------|------------------|--------------------------------|---------------------|-------|
| <i>Ipomoea grandifolia</i>     | X             |                              | X            |                  |                                | X                   |       |
| <i>Ipomoea purpurea</i>        |               |                              |              |                  | X                              |                     | X     |
| <i>Melampodium divaricatum</i> |               | X                            |              |                  |                                |                     |       |
| <i>Melampodium perfoliatum</i> |               | X                            |              |                  |                                |                     |       |
| <i>Murdannia nudiflora</i>     |               |                              |              |                  | X                              |                     |       |
| <i>Nicandra physaloides</i>    | X             |                              | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Portulaca oleracea</i>      | X             | X                            | X            | X                | X                              | X                   | X     |
| <i>Raphanus raphanistrum</i>   | X             | X                            | X            |                  | X                              | X                   | X     |
| <i>Richardia brasiliensis</i>  | X             | X                            | X            | X                | X                              | X                   | X     |
| <i>Sida cordifolia</i>         |               | X                            |              |                  |                                |                     |       |
| <i>Sida rhombifolia</i>        | X             | X                            | X            | X                | X                              | X                   | X     |
| <i>Spermacoce latifolia</i>    | X             |                              | X            |                  |                                |                     |       |
| <i>Triticum aestivum</i>       | X             |                              | X            |                  |                                |                     | X     |

Adaptado: Agrofitt (2003)

## Dessecação

Ao adotar o sistema de semeadura direta, a dessecação pré-plantio exerce um papel fundamental para o sucesso na condução da lavoura. Na prática, tem-se observado a utilização do glyphosate, normalmente associado a outros herbicidas, como 2,4-D, chlormuron-ethyl, carfentrazone-ethyl e flumioxazin, visando aumentar o espectro de controle das plantas daninhas presentes na área. Porém, o produtor deve ficar atento ao efeito residual dos herbicidas utilizados neste processo, tendo em vista que a cultura do sorgo é uma planta muito sensível à ação de vários herbicidas.

## Efeito Residual “*carryover*”

Devido ao fato de o sorgo ser uma planta extremamente sensível à ação de vários herbicidas, um dos grandes problemas constatados nas lavouras tem sido a intoxicação das plantas por herbicidas utilizados na cultura antecessora, que não são completamente degradados e afetam negativamente desenvolvimento da cultura. Por isso, ao fazer o planejamento da semeadura da lavoura, o produtor deve atentar para o efeito residual dos herbicidas utilizados na cultura anterior. O potencial de “*carryover*” depende, dentre outros fatores, do tipo de solo, das condições climáticas e da dose do produto utilizada.

Assim, é importante observar as condições ideais de aplicação dos herbicidas para se obter a máxima eficiência de controle sobre as plantas daninhas. A utilização desses produtos deve ser acompanhada por um técnico responsável e o herbicida deve estar registrado no Mapa e cadastrado na secretaria de Agricultura do Estado em que for ser utilizado.

É importante o produtor compreender que o controle químico deve ser utilizado como um método complementar. Neste sentido, deve-se priorizar o controle cultural, uma vez que este possibilita as melhores condições de desenvolvimento da cultura, fazendo com que ela tenha uma vantagem competitiva sobre a comunidade infestante.

## **Qualidade da Matéria-Prima**

### **Patrícia Abrão de Oliveira**

---

Embrapa Agroenergia, Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (final), Brasília, DF - CEP 70770-900, [patricia.oliveira@embrapa.br](mailto:patricia.oliveira@embrapa.br)

Na indústria sucroenergética, as centrais de cogeração operam produzindo energia a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar para atender à demanda térmica e elétrica das usinas. O excedente de energia elétrica produzida constitui uma grande oportunidade de negócios deste setor. Tradicionalmente, estas usinas operam com sazonalidade por causa dos períodos de entressafra de cana-de-açúcar, quando não há produção industrial e as usinas tornam-se consumidoras de eletricidade para manterem suas cargas essenciais e seus sistemas de irrigação da lavoura (BARJA, 2006).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2006), a cogeração contribui com a racionalidade energética, possibilitando um melhor aproveitamento e menor consumo de fontes de energia, quando comparada à geração individual de calor e energia elétrica, gerando consequentes benefícios para a sociedade. Assim, é importante que a utilização de centrais termoelétricas cogeradoras seja incentivada, bem como a produção de biomassa para este fim.

## **Qualidade da Matéria-Prima para Energia**

Inúmeras culturas dedicadas para energia têm sido avaliadas para serem utilizadas comercialmente. De modo geral, as características desejáveis para uma cultura energética são: alta produtividade, baixo consumo de energia para seu cultivo, baixo custo de produção, composição com o mínimo de contaminantes e baixa necessidade de nutrientes. Uma vez que uma biomassa tenha o seu cultivo viabilizado em relação a estes fatores, ela deverá ser avaliada no que diz respeito aos processos de conversão para os quais se destinam.

O desempenho de uma biomassa em determinado processo está intimamente relacionado com suas características químicas e estruturais. De modo geral, as principais características de interesse de uma biomassa relacionadas com o seu processamento para produção de biocombustíveis e energia são: teor de umidade, poder calorífico, teores de carbono fixo e volátil, teor de cinzas, teor de metais alcalinos, teor de celulose, hemicelulose e lignina (McKEN-DRY, 2002).

## **Sorgo Biomassa para Cogeração**

O sorgo biomassa é uma matéria-prima de alta produtividade e baixo custo de produção e, por isso, tem se tornado cada vez mais promissora para a produção de energia. Em relação às características químicas relacionadas ao desempenho de uma matéria-prima em processos de combustão (poder calorífico, teores de carbono fixo e volátil, teor de cinzas, teor de metais alcalinos), o sorgo biomassa possui, de modo geral, resultados que se assemelham a outras gramíneas dedicadas para energia.

Dentre os fatores que podem influenciar no processo de cogeração, o teor de umidade é considerado de grande relevância. É desejável

que as biomassas submetidas a processos de combustão possuam baixos teores de umidade, para que o balanço energético do processo de conversão não seja impactado negativamente (McKEN-DRY, 2002). O sorgo biomassa, bem como as outras gramíneas, pode apresentar altos teores de umidade (maiores que 50%) após a colheita, mas a influência desta característica deverá ser minimizada por meio de técnicas adequadas de cultivo, escolha de melhor época e método de colheita e seleção de variedade melhorada para fins de cogeração.

O teor de umidade pode ser reduzido por meio de processo de secagem pós-colheita, in natura ou mecanizado, e, após esta etapa, o material pode ser encaminhado para um processo de compactação. Apesar de ser desejável que o sorgo biomassa seja colhido com baixa umidade para possibilitar a sua queima direta, os processos de briquetagem e peletização, após secagem, podem ser considerados interessantes por resultarem em produtos com maior densidade energética e viabilizarem o transporte da matéria-prima em longas distâncias.

## **Sorgo Biomassa para Etanol de Segunda Geração**

A conversão de biomassa lignocelulósica em etanol é realizada por meio de processo que envolve um pré-tratamento seguido de tratamento enzimático para liberar os açúcares estruturais a serem utilizados na fermentação. A eficiência deste processo de conversão é dependente de inúmeros fatores intrínsecos à biomassa que a deixa mais ou menos recalcitrante às enzimas e aos microrganismos fermentadores.

O sorgo biomassa possui teores médios de celulose e lignina entre 31,1-29,3% e 14,3-7,6%, respectivamente, que podem variar de



acordo com o genótipo e a época de colheita (HOFFMAN; ROONEY, 2012; ROONEY et al., 2007). A alta produtividade aliada ao elevado teor de celulose torna o sorgo biomassa uma cultura indicada para a produção de etanol de segunda geração (DAHLBERG et al., 2011). Para que o processo de desconstrução ocorra com maior eficiência, é fundamental a utilização de variedades de sorgo biomassa adaptadas às condições edafoclimáticas da região e melhoradas para produção de etanol. Fatores como teor e composição da lignina, índice de cristalinidade e porosidade da celulose, produção de inibidores (FOSTON; RAGAUSKAS et al., 2012) podem ser utilizados como parâmetros para o melhoramento do sorgo biomassa para etanol de segunda geração.

Novos genótipos de sorgo biomassa serão importantes para atender à crescente demanda por biomassas dedicadas à produção de biocombustíveis e energia. Desta forma, os produtores e as empresas do ramo agrícola/industrial poderão contar com uma matéria-prima com alta produtividade e com características que permitem um bom desempenho nos processos de cogeração e produção de etanol.

## **Custo de Produção**

### **Rubens Augusto de Miranda**

---

Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, Caixa Postal 285, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG, rubens.miranda@embrapa.br

Dentre as diversas fontes para produção de energia, a biomassa consiste em uma das que possui maior potencial de crescimento nos próximos anos. Dado o fato de que a biomassa pode ser utilizada para a produção de biocombustíveis e energia elétrica, tem-se tratado dela como um componente estratégico de grande importância. Nesse sentido, a biomassa é utilizada tradicionalmen-

te por alguns setores industriais para a cogeração de energia, ou seja, a partir de algum subproduto da matriz produtiva é possível gerar energia elétrica, tornando o processo industrial mais sustentável. Adicionalmente, tem surgido um mercado no qual a geração de energia é o negócio principal, cuja viabilidade vai depender dos preços da energia no atacado.

Para avaliação do sorgo biomassa, considerando essa perspectiva, foi realizado levantamento dos custos de produção da cultura com foco nesse nicho de mercado, abrangendo, não apenas os custos agrícolas, mas também os custos de oportunidade do plantio da cultura.

Na mensuração dos custos agrícolas do sorgo para a geração de energia foram consideradas cinco etapas de custeio: 1) preparo do solo; 2) plantio; 3) condução da lavoura; 4) colheita e transporte e 5) arrendamento e remuneração de capital. As quatro primeiras tabelas estão relacionadas ao custo operacional, e a última etapa refere-se à remuneração dos fatores.

**Tabela 7.** Custo do preparo do solo de sorgo biomassa.

| Operação                 | Descrição     | Rendimento  |         | Valores       |               |
|--------------------------|---------------|-------------|---------|---------------|---------------|
|                          |               | valor       | unidade | unitário      | uso (R\$/ha)  |
| Gradagem Pesada          | Trator 240 CV | <b>1,60</b> | h/ha    | <b>90,34</b>  | 144,54        |
| Distribuição de Calcário | Calcário      | <b>1,00</b> | t/ha    | <b>102,00</b> | 102,00        |
|                          | Trator 180 CV | <b>1,00</b> | h/ha    | <b>71,80</b>  | 71,80         |
| Grade Niveladora         | Trator 180 CV | <b>1,20</b> | h/ha    | <b>71,80</b>  | 86,16         |
| <b>Total</b>             |               |             |         |               | <b>404,50</b> |

**Tabela 8.** Custo do plantio de sorgo biomassa.

| Operação                                | Recurso                                    | Rendimento  |            | Valores         |               |
|---|--|-------------|------------|-----------------|---------------|
|   |  | valor       | unidade    | unitário        | uso (R\$/ha)  |
| Semeadura                               | Trator - 85 hp com plantadeira de 9 linhas | <b>0,80</b> | h/ha       | <b>82,81</b>    | 66,25         |
|   | Fórmula 04-30-16                           | <b>0,45</b> | t/ha       | <b>1.178,50</b> | 530,33        |
|   | Mão-de-obra                                | <b>0,10</b> | diárias/ha | <b>60,00</b>    | 6,00          |
| Sementes de sorgo                       |  | <b>4,00</b> | kg/ha      | <b>35,00</b>    | 140,00        |
| Tratamento das sementes                 | Cropstar                                   | <b>0,04</b> | lts/ha     | <b>169,00</b>   | 6,76          |
| Auxiliares no trat. de sementes/plantio | Mão-de-obra                                | <b>0,25</b> | diárias/ha | <b>60,00</b>    | 15,00         |
| <b>Total</b>                            |  |             |            |                 | <b>764,33</b> |

**Tabela 9.** Custo da condução da lavoura de sorgo biomassa.

| Operação                 | Recurso            | Rendimento    |            | Valores         |               |
|--------------------------|--------------------|---------------|------------|-----------------|---------------|
|                          |                    | valor         | unidade    | unitário        | uso (R\$/ha)  |
| Aplicação de Fungicidas  | Trator -100 hp     | <b>0,60</b>   | h/ha       | <b>60,00</b>    | 36,00         |
|                          | Fungicida Óprera   | <b>0,75</b>   | l/ha       | <b>8,57</b>     | 6,43          |
| Aplicação de Herbicida   | Trator -100 hp     | <b>0,60</b>   | h/ha       | <b>60,00</b>    | 36,00         |
|                          | Herbicida Atrazina | <b>2,00</b>   | l/ha       | <b>8,20</b>     | 16,40         |
| Aplicação de Inseticidas | Trator -100 hp     | <b>0,60</b>   | h/ha       | <b>60,00</b>    | 36,00         |
|                          | Inseticida Lannate | <b>3,60</b>   | l/ha       | <b>16,70</b>    | 60,12         |
| Adubação de cobertura    | Mão-de-obra adub   | <b>0,0625</b> | diárias/ha | <b>60,00</b>    | 3,75          |
|                          | Trator -100 hp     | <b>0,50</b>   | h/ha       | <b>60,00</b>    | 30,00         |
|                          | fórmula 20 00 20   | <b>0,40</b>   | t/ha       | <b>1.068,00</b> | 427,20        |
| <b>Total</b>             |                    |               |            |                 | <b>612,95</b> |

A Tabela 10 trata dos custos vinculados à colheita e ao transporte. É importante ressaltar que o custo do transporte terceirizado do sorgo pode oscilar consideravelmente entre as regiões do País, podendo ser um dos “gargalos” dos custos de produção da cultura. Nesse sentido, um dos pontos que precisa ser buscado no sistema de produção do sorgo biomassa é a diminuição do transporte de massa verde (no cálculo desse trabalho foram consideradas 100 t ha<sup>-1</sup>), ressaltando que as usinas estão interessadas na matéria seca.

Assim, uma opção pode ser a aplicação de dessecante, que mesmo a um custo adicional, irá propiciar redução nos custos de transporte do sorgo, e, conseqüentemente, no custo total de produção.

**Tabela 10.** Custo da colheita e transporte do sorgo biomassa.

| Operação                       | Recurso              | Rendimento    |         | Valores       |               |
|--------------------------------|----------------------|---------------|---------|---------------|---------------|
|                                |                      | valor         | unidade | unitário      | uso (R\$/ha)  |
| Corte de sorgo - mecânica      | Colhedora            | <b>0,80</b>   | h /ha   | <b>220,00</b> | 176,00        |
| Reboque de julietas            | Reboque de Julietas  | <b>100,00</b> | t/t     | <b>1,98</b>   | 198,00        |
| Transporte de sorgo - biminhão | Serviço Terceirizado | <b>100,00</b> | t/t     | <b>4,80</b>   | 480,00        |
| <b>Total</b>                   |                      |               |         |               | <b>854,00</b> |

As quatro primeiras etapas de custeio anteriores compõem o custo operacional de produção do sorgo biomassa. Para a mensuração do custo de produção total também foram consideradas a remuneração dos fatores terra e capital; o cálculo deste último foi feito a partir da taxa de 6% sobre o custeio operacional.

**Tabela 11.** Custeio geral do sorgo biomassa.

|                                | R\$/ha          | %              |
|--------------------------------|-----------------|----------------|
| Preparo do solo                | 404,50          | 11,92%         |
| Plantio                        | 764,33          | 22,52%         |
| Tratos culturais               | 612,95          | 18,06%         |
| Colheita                       | 374,00          | 11,02%         |
| Transporte                     | 480,00          | 14,14%         |
| <b>Custo operacional total</b> | <b>2.635,78</b> | <b>77,66%</b>  |
| Arrendamento                   | 600,00          | 17,68%         |
| Remuneração do capital         | 158,15          | 4,66%          |
| <b>Custo Total</b>             | <b>3.393,93</b> | <b>100,00%</b> |

O custo de produção total no valor de R\$ 3.393,93 por hectare é estimado para a produção de 35 toneladas de matéria seca, enquanto o custo operacional total foi de R\$ 2.635,78. Ressalta-se a participação considerável do arrendamento no custo total (17,68%). Mesmo na situação de posse da terra, o custo do arrendamento precisa ser incorporado a título de custo de oportunidade.

Considerando que na média 1 kg de massa seca de sorgo biomassa é capaz de gerar 3.000 kcal, os referidos custos de produção relacionam-se à produção de 105.000.000 Kcal ha<sup>-1</sup>. Tendo por base a taxa de conversão de 0,001163 KWH Kcal<sup>-1</sup>, as 35 toneladas de sorgo biomassa são capazes de produzir 122,1 megawatts (MW) de energia. Considerando a produção de energia por hectare plantado de sorgo e dos custos de produção apresentados, o negócio passa a pagar os custos agrícolas a partir de R\$ 27,79 MW.

Uma das características do mercado atacadista de energia é a variabilidade temporal e regional dos preços, que podem prejudicar a rentabilidade, ou mesmo inviabilizar o negócio, dependendo

da região e da época. Para ilustrar essa ideia, os preços médios pagos no atacado pelo MW no Brasil em 2011 ficaram em torno de R\$ 28,90, que pagam somente os custos de produção agrícola do sorgo biomassa de 2013. Mas, dado que também existem os custos industriais da geração de energia, o negócio restrito para a venda de energia incorreu em prejuízos. Entretanto, em 2012, a média dos preços de energia no atacado no Brasil foi R\$ 164,06, o que, com tudo o mais constante, configurou investimento que pagou os custos agrícolas e também os industriais, gerando um resultado positivo, a princípio. É preciso relativizar o resultado rentabilidade final da produção de energia, pois não se consideraram os altos custos industriais da produção de energia elétrica a partir da biomassa, maiores que os custos agrícolas. Dependendo da rota tecnológica de geração de energia utilizada pela indústria (dentre as quais merecem destaque o ciclo a vapor com turbinas de contrapressão, o ciclo a vapor com turbinas de condensação e extração, e o ciclo combinado integrado à gaseificação da biomassa), tais custos industriais podem oscilar consideravelmente.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 235, de 14 novembro de 2006. Estabelece os requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogeradoras de energia e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 nov. 2006. Seção 1, p. 78.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª** aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-60.

BARBANTI, L.; GRANDI, S.; VECCHI, A.; VENTURI, G. Sweet and fibre sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), energy crops in the frame of environmental protection from excessive nitrogen loads. **European Journal of Agronomy**, v. 25, p. 30-39, 2006.

BARJA, G. J. A. **A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico**. 2006. 157 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D. Doenças foliares. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2). Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_8\\_ed/doencas.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/doencas.htm)>. Acesso em: 07 jun. 2013.

DAHLBERG, J.; WOLFRUM, E.; BEAN, B.; ROONEY, W. L. Compositional and agronomic evaluation of sorghum biomass as a potential feedstock for renewable fuels. **Journal of Biobased Materials and Bioenergy**, v. 5, n. 4, p. 507-513, 2011.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 74 p. Dissertação (Mestrado) - Unimontes, Janaúba.



FOSTON, M.; RAGAUSKAS, A. J. Biomass characterization: recent progress in understanding biomass recalcitrance. **Industrial Bio-technology**, Swansea, v. 8, n. 4, p. 191-208, 2012.

HOFFMAN, L.; ROONEY, W. L. Accumulation of biomass and compositional change over the growth season for six photoperiod sorghum lines. In: NATIONAL CONFERENCE SCIENCE FOR BIOMASS FEEDSTOCK PRODUCTION AND UTILIZATION, 2012, New Orleans. Disponível em: <[http://sungrant.tennessee.edu/NR/rdonlyres/430141C3-38B5-4265-BAC4-E89C9239B62A/3278/Leo-Hoffmann\\_TexasAMUniversity.pdf](http://sungrant.tennessee.edu/NR/rdonlyres/430141C3-38B5-4265-BAC4-E89C9239B62A/3278/Leo-Hoffmann_TexasAMUniversity.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2013.

MARANVILLE, J. W.; MADHAVAN, S. Physiological adaptations for nitrogen use efficiency in sorghum. **Plant and Soil**, The Hague, v. 245, p. 25-34, 2002.

McKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, Essex, v. 83, p. 37-46, 2002.

RABELO, F. H. S.; RABELO, C. H. S.; DUPAS, E.; NOGUEIRA, D. A.; REZENDE, A. V. Parâmetros agronômicos do sorgo em razão de estratégias de semeadura e adubação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, p. 47-66, 2012.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, B.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, p. 37-48, 2006.

ROONEY, W. L.; BLUMENTHAL, J.; BEAN, B.; MULLET, J. E. Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, Chichester, v. 1, p. 147-157, 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, L. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

## Literatura recomendada

BARBOSA, F. C. R.; PFENNING, L. H.; CASELA, C. R. *Peronosclerospora sorghi*, o agente etiológico do míldio do sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 119-132, mar./abr. 2006.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; FERNANDES, F. T.; PINTO, N. F. J. **Doenças foliares de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 72).

CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. A.; OLIVEIRA, E.; FERREIRA, A. S. Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): controle de doenças In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 1025-1064.

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; LANZA, F. E. **Controle químico da antracnose do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 117).

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F. **Uso integrado da resistência genética e aplicação de fungicidas para o manejo da antracnose do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 143).

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; LANZA, F. E. **Recomendação para o controle químico da antracnose foliar do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 171).

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F. **Recomendação para o controle químico da helmintosporiose do sorgo (*Exserohilum turcicum*)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 149).

FREDERIKSEN, R. A.; ODVODY, G. N. **Compendium of sorghum diseases** 2. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 2000. 78 p.

MONTES-BELMONT, R.; FLORES-MOCTEZUMA, H. E.; NAVA-JUÁREZ, R. A. Alternative hosts of *Claviceps africana* Frederikson, Mantle and Millano, causal agente of sorghum “ergot” in the state of Morels, Mexico. **Revista Mexicana de Fitopatologia**, v. 21, n. 1, p. 63-66, 2003.

NGUGI, H. K.; JULIAN, A. M.; KING, S. B.; PEACOCKE, B. J. Epidemiology of sorghum anthracnose (*Colletotrichum sublineolum*) and leaf blight (*Exserohilum turcicum*) in Kenya. **Plant Pathology**, London, v. 49, p. 129-140, 2000.

PU, Y.; HU, F.; HUANG, F.; DAVISON, B.; RAGAUSKAS, A. Assessing the molecular structure basis for biomass recalcitrance during dilute acid and hydrothermal pretreatments. **Biotechnology for Biofuels**, v. 6, n. 15, p. 1-13, 2013.



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

